

Verfahren zur Bestimmung von klinischen und/oder chemischen Parametern in einem Medium sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

- 10 Um Substanzen oder eine Konzentration einer Substanz im lebenden Körper genau bestimmen zu können, müssen dem Körper Proben entnommen werden, die anschliessend mit besonderen Analyseverfahren unter Verwendung von geeigneten Reagenzien weiterverarbeitet werden. Bei diesen bekannten
- 15 Methoden wird zum einen die Probenentnahme, z. B. eine Blutentnahme, zum anderen der Verbrauch an Reagenzien als Nachteil empfunden. Besonders bei Diabetikern, welche den Glukosegehalt im Blut mehrere Male im Laufe eines Tages überprüfen müssen, wäre eine nicht-invasive Methode zur
- 20 Bestimmung des Glukosegehaltes von grossem Vorteil.

- Aus diesem Grund wurden bereits mehrere Methoden und Vorrichtungen zur nicht-invasiven Bestimmung des Glukosegehaltes in Blut vorgeschlagen. Stellvertretend wird
- 25 auf die folgenden Druckschriften hingewiesen: WO 95/04 496 und WO 01/26 538. Es hat sich aber gezeigt, dass die bekannten Methoden zur Ermittlung von genauen Messresultaten nicht geeignet sind. Insbesondere sind für Diabetiker die Messresultate derart ungenau, dass sie für
- 30 eine Kontrolle bzw. Einstellung des Blutzuckerspiegels

- 2 -

nicht verwendet werden können. Die bekannten Verfahren können zwar zur rudimentären Anzeige des momentanen Blutzuckergehaltes eingesetzt werden, zur Bestimmung der erforderlichen Medikamentenmenge, welche zur genauen Einstellung des Blutzuckerspiegels erforderlich ist, müssen jedoch konventionelle Kontrollmessungen, d.h. wiederum Probeentnahmen, durchgeführt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von klinischen und/oder chemischen Parametern mit einer hohen Genauigkeit in einem Medium anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 angegebenen Massnahmen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung weist die folgenden Vorteile auf: Indem mit einer Lasereinheit Lichtwellen in das Medium abgegeben werden und mit einer Phototransistoreinheit die im Medium reflektierten Lichtwellen gemessen werden, können in einer Verarbeitungs- bzw. Kontrolleinheit die im Zielbereich des Laserstrahles vorkommenden Parameter bestimmt werden. Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird hierzu die Frequenz- bzw. Wellenlänge der durch die Lasereinheit erzeugten Wellen entsprechend charakteristischer Eigenschaften der zu bestimmenden Parameter eingestellt, und es werden die Parameter anhand der mittels der

Photodiodeneinheit gemessenen Signale bestimmt. Es hat sich gezeigt, dass mit dem erfindungsgemässen Verfahren äusserst genaue Resultate, insbesondere für Parameter wie Cholesterin, erhalten werden können.

5

Mit dem Verfahren gemäss Anspruch 6, und zwar sowohl in unabhängiger als auch in von den Ansprüchen 1 bis 5 abhängiger Form, können des Weiteren äusserst genaue Resultate bei Parametern wie Glukose erhalten werden.

10

Unter dem Begriff "klinische und/oder chemische Parameter" ist insbesondere Folgendes zu verstehen:

- Stoffwechselabbauprodukte bzw. Metaboliten;
- 15 - beim Stoffwechsel beteiligte Substanzen;
- Leukozyten, insbesondere zur Feststellung des Entzündungsgrades;
- Harnsäure;
- Enzyme;
- 20 - Ionen bzw. Ionenkonzentration;
- Vitamine;
- CRP-(C-Reaktives Protein);
- Substanzen im Zusammenhang mit Anti-Aging, Well-Aging und Life-Style;
- 25 - Mikroorganismen;
- Alkohol;
- Drogen;
- Laktat;
- Doping-Substanzen;

- 4 -

- Farben;
- krebserregende Zellen und Strukturen;
- Verunreinigungen, insbesondere Abwasserunreinigungen;
- 5 - Qualitätskontrolle von flüssigen Medien, insbesondere von Wasser (Laborwerte werden erhalten ohne Verwendung von Reagenzien);
- Hormone;
- Bakterien;
- 10 - Kristalle und deren Strukturen;
- Viren.

Des Weiteren sind unter dem Begriff "Medium" sowohl feste, flüssige oder auch gasförmige Medien bzw. eine beliebige
15 Mischform dieser Medien mit einer beliebigen Struktur zu verstehen, so insbesondere:

- ein menschlicher oder tierischer Körper;
- Blut;
- 20 - Farbe;
- Abwasser;
- Trinkwasser (im Sinne einer hohen Wasserqualität);
- mittels Schweißtechnik verbundene Metallwerkstücke.

25 Die Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen näher beschrieben. Dabei handelt es sich um beispielhafte Ausführungsformen, die zum Verständnis der in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstände dienen. Es zeigen:

Fig. 1, in schematischer Darstellung, eine
erfindungsgemäss Vorrichtung zur Bestimmung einer
Substanz bzw. einer Substanzkonzentration als
5 Parameter bzw. Parameterkonzentration in einem
Körper,

Fig. 2A, in schematischer und perspektivischer Darstellung,
einen Teil einer Lasereinheit, wobei eine
10 Schnittebene parallel zu einer Längsachse und eine
weitere Schnittebene quer zur Längsachse liegen,

Fig. 2B, in schematischer und perspektivischer Darstellung
gemäss Fig. 1A, einen Teil einer weiteren
15 Ausführungsform einer Lasereinheit,

Fig. 3 ein Ausgangfenster zur Verwendung bei dem in Fig.
2A bzw. 2B dargestellten Teil der Lasereinheit,

20 Fig. 4 das Ausgangfenster gemäss Fig. 3 in einem Schnitt
parallel zur Längsachse gemäss Fig. 2A bzw. 2B,

Fig. 5 die vollständig zusammengebaute Lasereinheit
gemäss den Fig. 2A, 2B, 3 und 4,

25

Fig. 6A und 6B
jeweils einen Schnitt quer zur Längsachse einer
Lasereinheit,

Fig. 7 eine schematischen Darstellung einer Ausführungsvariante, bei der eine Spiegeleinheit und ein Ausgangsfenster stets mittig in Bezug auf eine Laserdiodeneinheit angeordnet sind,

5

Fig. 8 eine Filtereinheit zur Verwendung in der Vorrichtung gemäss Fig. 1,

Fig. 9 eine weitere Ausführungsform der Filtereinheit in perspektivischer Darstellung,

10

Fig. 10 eine Mikroprismeneinheit zur Verwendung in der Filtereinheit,

Fig. 11 zwei übereinander liegende Masken zur Einstellung der durchzulassenden Wellenlängen,

15

Fig. 12 eine weitere Ausführungsform einer Filtereinheit mit einer photosensitiven Schicht in perspektivischer Darstellung,

20

Fig. 13 eine weitere Ausführungsform einer Filtereinheit mit einer photosensitiven Schicht,

Fig. 14, in schematischer Darstellung, einen Teil einer Mikrowelleneinheit in einem Schnitt parallel zu einer Längsachse,

25

Fig. 15 einen Hohlraumresonator mit einer weiteren Ausführungsform für einen Teil einer Mikrowelleneinheit,

- 5 Fig. 16 eine Detailansicht der weiteren Ausführungsform für den Teil der Mikrowelleneinheit gemäss Fig. 15,

- 10 Fig. 17 eine Detailansicht gemäss Fig. 16 einer dritten Ausführungsform für einen Teil einer Mikrowelleneinheit,

- 15 Fig. 18 die Mikrowelleneinheit gemäss Fig. 14 mit einer Vorrichtung zum Ausrichten des Mikrowellenstrahles.

In einer oberen Hälfte der Fig. 1 ist, in schematischer Darstellung, eine erfindungsgemässe Vorrichtung zur nicht-invasiven Bestimmung einer Substanz in einem Körper 10 dargestellt. Die erfindungsgemässe Vorrichtung besteht aus einer Kontrolleinheit 1, einer Lasereinheit 2, einer Mikrowelleneinheit 3 und einer Phototransistoreinheit 4. Die Kontrolleinheit 1 ist die eigentliche den Prozess führende und die Signale aufbereitende Einheit und ist 25 hierzu mit der Lasereinheit 2, der Mikrowelleneinheit 3 und der Phototransistoreinheit 4 wirkverbunden. Während die Mikrowelleneinheit 3 sowohl für das Senden als auch für das Empfangen von Mikrowellen 7a, 7b geeignet ist, ist die Lasereinheit 2 nur zum Aussenden von Lichtwellen 6 30 geeignet. Zum Empfangen von im Körper 10 reflektierten

Lichtwellen 8 wird die Phototransistoreinheit 4 verwendet, welche demzufolge zusammen mit der Lasereinheit 2 eine Messeinheit bildet. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es gemäss der Erfindung nicht zwingend ist, dass sowohl die Mikrowelleneinheit 3 als auch die Messeinheit, bestehend aus Lasereinheit 2 und Phototransistoreinheit 4, vorhanden sein müssen, damit die Erfindung ausgeführt werden kann. Vielmehr lässt sich die Erfindung vorzüglich bereits mit einer der Messeinheiten, d.h. Mikrowelleneinheit 3 oder Lasereinheit 2 kombiniert mit Phototransistoreinheit 4, realisieren. Selbstverständlich wird mit der Kombination der beiden, noch im Detail zu erläuternden erfindungsgemässen Vorrichtungen eine breitestmögliche Verwendung erzielt.

In der Kontrolleinheit 1 sind Verstärker-, Signalverarbeitungs-, Speichereinheiten und andere Funktionseinheiten enthalten, die selbstredend in separaten Einheiten untergebracht werden könnten. Die verschiedenen Funktionseinheiten sind in Fig. 1 lediglich der guten Übersicht halber in der Kontrolleinheit 1 zusammengefasst.

Mit 10 ist in Fig. 1 ein Körper als Medium gekennzeichnet. Es handelt sich hierbei zum Beispiel um einen Bereich eines lebenden menschlichen Körpers, in dem eine Substanz S1 bis S3 als Parameter bzw. mehrere Substanzen S1 bis S3 zu bestimmen sind. Im Körper 10 ist ein arterielles Blutgefäss mit Gefässwänden 20a und 20b angedeutet. Die Substanzen S1 bis S3 sind sowohl im Blutgefäss 20 als auch im übrigen Gewebe vorzufinden, mithin werden die Substanzen S1 bis S3

im Blutgefäss 20 durch den Blutfluss transportiert und können in das übrige Gewebe diffundieren.

Im Folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren, das
5 unter Verwendung der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung durchgeführt wird und das zur Bestimmung von Substanzen S1 bis S3 bzw. deren Konzentrationen im Blut eingesetzt wird, näher erläutert:

10 Zunächst wird in einer ersten Phase mit Hilfe der Lasereinheit 2 ein Messpfad 100 festgelegt, in dem später die Messungen vorgenommen werden sollen. Ziel ist es dabei, den Messpfad 100 im mittleren Bereich des arteriellen Blutgefässes 20 zu positionieren. Hierzu wird die
15 Lasereinheit 2, die eine noch im Detail zu erläuternde Lasereinheit ist, im IR-(Infrarot)-Bereich betrieben. Bekanntlich ist der Sauerstoffgehalt in arteriellem Blut höher als in venösem Blut. Demzufolge wird in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes am jeweiligen Ort ein mehr oder
20 weniger starkes Reflexionssignal erhalten, das mit der Phototransistoreinheit 4 gemessen wird. Somit kann bei einem starken Reflexionssignal davon ausgegangen werden, dass entweder ein arterielles Blutgefäss oder ein stark durchbluteter Körpergewebeteil im Zielbereich des
25 Laserstrahles liegt. Da im Reflexionssignal zudem Informationen in Bezug auf die Geschwindigkeit der im Zielbereich des Laserstrahles vorhandenen Teilchen enthalten sind, kann darüber hinaus festgestellt werden, ob tatsächlich ein arterielles Blutgefäss vorhanden ist
30 (höhere Geschwindigkeit der Teilchen) oder ob lediglich ein

- 10 -

stark durchblutetes Körpergewebeteil vorliegt (Teilchen bewegen sich kaum). Damit ist der Messpfad 100 bestimmt. Eine Überprüfung, ob sich der Messpfad 100 am vorgesehenen Ort befindet ist möglich und sinnvoll. Die Verwendung einer Lasereinheit 2 ist dabei zwingend, da nur Laser die geforderte Zielgenauigkeit aufweisen.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird in der ersten Phase zusätzlich ein Zeitpunkt für die im Messpfad 100 durchgeführten Messungen bestimmt. Ist der Ort des Messpfades 100 in einem arteriellen Blutgefäss 20 gemäss vorstehend beschriebenen Verfahrensschritten festgelegt worden, so ist das Geschwindigkeitsprofil im Gefäss 20 im Wesentlichen proportional zum Herzzyklus (QRS-Komplex). Es ist dann vorgesehen, ein in Bezug auf den Herzzyklus festgelegtes Zeitfenster zu bestimmen, in dem die nachstehende Konzentrationsmessung einer oder mehrerer Substanzen S1 bis S3 vorgenommen wird. So ist beispielsweise in einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, ein Zeitfenster von 100ns zentriert um den QRS-Komplex bzw. zu einer Pulswelle im peripheren Gefäss festzulegen.

Sind die örtliche als auch die zeitliche Position des Messpfades 100 gemäss vorstehenden Verfahrensschritten (Phase I) bestimmt, kann mit dem eigentlichen Bestimmen der interessierenden Substanz bzw. Substanzen S1 bis S3 begonnen werden (Phase II). Hierzu kommen zwei Messverfahren zur Anwendung, die gleichzeitig aktiv sein können:

- Das erste Messverfahren beruht auf der Bestimmung des optisch sichtbaren Spektrums im Messpfad 100. Dabei werden mit der Lasereinheit 2 Lichtpulse mit Wellenlängen von
- 5 400nm bis maximal 1400nm (beispielsweise im 25nm-Raster) ausgesendet. Das Echosignal wird mit der Phototransistoreinheit 4 als Lichtmesseinheit zur Erstellung des Spektrums gemessen. Aufgrund der engen Zeitverhältnisse und weil je nach der zu bestimmenden
- 10 Substanz S1, S2, S3 nicht das ganze Spektrum von Interesse ist, wird nur ein bestimmter Wellenlängenbereich abgefahren. In jedem Fall entspricht die minimale Lichtpulsbreite der doppelten Wellenlänge.
- 15 Beim Messen des optischen Echosignals wird die Phototransistoreinheit 4 derart eingestellt, dass ein selektives Messen bei vorgegebenen Wellenlängen möglich ist. Beispielsweise kann die Phototransistoreinheit 4 auf eine Wellenlänge von 400 nm eingestellt werden, was im
- 20 Folgenden als Frequenz- bzw. Wellenlängen-selektive Einstellungsmöglichkeit bezeichnet wird. Die Phototransistoreinheit 4 wird im Detail noch erläutert werden.
- 25 Dieses erste Messverfahren eignet sich beispielsweise vorzüglich zur Bestimmung des Cholesteringehaltes, also eines Stoffes, der nur in einer relativ geringen Konzentration im Blut vorhanden ist, aber aufgrund der Struktur einen erheblichen Einfluss auf das optische
- 30 Spektrum aufweist.

Ein zweites Messverfahren, das wie erwähnt zur gleichen Zeit aktiv sein kann wie das ersterwähnte, besteht darin, dass zur Konzentrationsbestimmung die interessierenden Substanzen S1, S2, S3 bzw. deren Moleküle gezählt werden. Hierzu kommt die Mikrowelleneinheit 3 zum Einsatz. Diese sendet einzelne Pulse von sehr kurzer Dauer (beispielsweise 83 ps oder 133.3 ps) in den während der Phase I ermittelten Messpfad 100 aus und tastet diesen ab, wobei die Feldstärke des jeweiligen Echosignals, das wiederum von der Mikrowelleneinheit 3 empfangen wird, Auskunft über das Vorhandensein oder eben Nichtvorhandensein einer bestimmten Substanz S1, S2, S3 bzw. eines Atoms dieser Substanz gibt.

Auf diese Weise werden durch Aussenden von zuvor anhand von Proben mit den interessierenden Stoffen ermittelten Mikrowellenfrequenzen mehrere Abbildungen des Zielbereiches mit verschiedenen Wellenlängen erstellt. Diese Abbildungen werden mit zuvor gemessenen Mustern, welche vorab in einer zur Kontrolleinheit 1 gehörenden Speichereinheit abgelegt worden sind und welche für den Vergleich in einem ebenfalls in der Kontrolleinheit 1 enthaltenen Mustererkenner abgerufen werden können, verglichen. In einer Ausführungsform sind wegen einem begrenzten Speicher in der Speichereinheit lediglich diejenigen bekannten Muster von Substanzen abgelegt, die bestimmt werden sollen.

Dieses zweite Messverfahren eignet sich beispielsweise vorzüglich zur Bestimmung von Glukose in Blut. Also eines Stoffes, der nur in einer relativ geringen variablen

Konzentration im Blut, vorhanden ist. Zudem kann aus dem optischen Spektrum der Glukosegehalt nicht korrekt, d.h. nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit, bestimmt werden.

- 5 Zur Bestimmung der Konzentration von anderen Substanzen, bei denen sowohl im optischen Spektrum Auswirkungen feststellbar sind als auch genügend Partikel mit Hilfe der Mikrowelleneinheit 3 detektiert werden können, können die beiden Messverfahren kombiniert werden, d.h. die Resultate
10 beider Messverfahren werden bei der Konzentrationsbestimmung berücksichtigt.

- Zur Erzeugung eines Laserstrahles mit exakter Wellenlänge wird eine Lasereinheit 2 mit variabler Wellenlänge
15 eingesetzt. Ein Einstellen der gewünschten Wellenlänge ist beim erfindungsgemässen Verfahren absolute Notwendigkeit, will man die verschiedenen Laserstrahlen mit derselben Lasereinheit erzeugen.

- 20 Die Erzeugung von Laserstrahlen mit unterschiedlichen Wellenlängen mit der gleichen Lasereinheit ist an und für sich bekannt. So wurde bereits vorgeschlagen, den Laserstrahl eines Weisslichtlasers mit Hilfe von Filtern oder Prismen aufzuspalten, um so die gewünschte
25 Farbkomponente zu extrahieren. Des Weiteren ist es bekannt, die Abmessungen des bei Lasereinheiten vorhandenen Resonators mit Hilfe einer entsprechenden Mechanik zu verändern, womit auch die Wellenlänge des erzeugten Laserlichtes verändert werden kann. In Bezug auf den
30 Weisslicht- bzw. Buntlichtlaser wird auf eine

Pressemitteilung vom 16. September 2003 der Universität Bonn, Deutschland, verwiesen. Darin wird ein neuer Laser beschrieben, mit dem die Erzeugung von Weisslicht auf einfache Weise und kostengünstig möglich ist. Mit Hilfe
5 eines geeigneten Prismas wird das weisse Licht in die Farbkomponenten zerlegt, wobei die benötigte Farbe dann ausgewählt werden kann. In Bezug auf die erstgenannte Technik wird wiederum auf die Publikation von Jeff Hecht mit dem Titel "Understanding Lasers" (IEEE Press, 1992, S.
10 296-297) verwiesen.

Für die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung ist eine Lasereinheit 2 (Fig. 1), die anhand der Fig. 2 bis 7 erläutert wird, besonders geeignet. Es handelt sich hierbei
15 um eine Halbleiterlasereinheit, die beispielsweise auf Gallium-Arsenid basiert. Die Lasereinheit 2 zeichnet sich durch eine hohe Zielgenauigkeit aus. Dabei können mit der Lasereinheit 2 beispielsweise Wellenlängen von 400 nm bis 700 nm erzeugt werden.

20

Fig. 2A zeigt den schematischen Aufbau eines Teils der Lasereinheit 2 anhand eines Schnittes parallel zu einer Längsachse 40. Die als Laserstrahlen erzeugten Lichtwellen pflanzen sich parallel zur Längsachse 40 fort, wobei eine
25 Spiegeleinheit und ein Ausgangsfenster, das als teildurchlässiges Fenster realisiert ist, in Fig. 2A nicht dargestellt sind, aber anhand der Fig. 3 und 4 erläutert werden. Das teildurchlässige Fenster kann beispielsweise auch ein so genanntes Brewster-Fenster sein.

Eine Trägereinheit 30, die aus einem massiven
wärmeleitenden Material - beispielsweise aus Messing oder
Platin - besteht und die als Gehäuseteil angesehen werden
5 kann, umfasst einen eigentlichen Kern der Lasereinheit 2,
nämlich eine Laserdiodeneinheit 34, in der im
Übergangsbereich zwischen p- und n-Schicht in bei
Halbleiterlasern bekannter Weise Laserstrahlen erzeugt
werden. Die als Laserdiodeneinheit 34 bezeichnete Schicht
10 befindet sich gemäss Fig. 2 unmittelbar auf der
Trägereinheit 30. Es folgt, ausgehend von der
Laserdiodeneinheit 34 eine erste Isolationsschicht 33, ein
Piezoelement 32 als Druckerzeugungselement und eine zweite
Isolationsschicht 31, welche auf deren anderen Seite auf
15 der umlaufenden Trägereinheit 30 aufliegt. Damit ist das
Piezoelement 32 elektrisch isoliert.

Mit dem vorstehend beschriebenen Aufbau der Lasereinheit 2
besteht nun die Möglichkeit, mittels einer im Piezoelement
20 32 erzeugten Kraft auf die Laserdiodeneinheit 34
einzuwirken, um so die Wellenlänge zu verändern, da der
Abstand des Valenzbandes zum Leitungsband - und damit die
Wellenlänge - von der auf die Laserdiodeneinheit 34
einwirkenden Kraft abhängig ist.

25

Das Piezoelement 32 ist vorzugsweise aus einem Turmalin-
Kristall gefertigt, der an seiner Oberfläche mit einer
Silberschicht versehen ist, die durch Aufdampfung erzeugt
worden ist und die zur Kontaktierung und damit zur

Steuerung des ganzen Piezoelementes 32 verwendet wird.
Anstelle einer Silberschicht kann auch Aluminium oder eine andere Metallschicht aufgedampft werden.

- 5 Wie bereits erläutert worden ist, sind zur Erzeugung eines Laserstrahles mit der Lasereinheit 2 sowohl eine Spiegeleinheit als auch ein Ausgangsfenster erforderlich, die im Wesentlichen quer zur Längsachse 40 der Lasereinheit 2 (Fig. 2A bzw. 2B) angeordnet sind. Während der
- 10 rückwärtige Spiegel die durch die Laserdiodeneinheit 34 erzeugten Lichtstrahlen möglichst vollständig reflektiert, hat das Ausgangsfenster die Aufgabe, Lichtstrahlen, die vorgegebene Bedingungen erfüllen, aus der Lasereinheit 2 - eben durch das teildurchlässige Fenster - austreten zu
- 15 lassen. Weitere Informationen können der Druckschrift "Understanding Lasers" von Jeff Hecht (Seiten 110 und 111, Second Edition, IEEE Press, New York, 1992) entnommen werden.
- 20 In Fig. 2B ist eine weitere Ausführungsform eines Teils der Lasereinheit 2 anhand eines Schnittes parallel zu einer Längsachse 40 analog zu Fig. 2A dargestellt. Wie bereits bei der Ausführungsform gemäss Fig. 2A bildet auch die Trägereinheit 30 der Ausführungsform gemäss Fig. 2B einen
- 25 Hohlraum, in dem zwei Isolationsschichten 31 und 33, ein Piezoelement 32 und eine Laserdiodeneinheit 34 enthalten sind. Im Unterschied zur Ausführungsvariante gemäss Fig. 2A wird die Laserdiodeneinheit 34 zunächst von der ersten Isolationsschicht 33, anschliessend vom Piezoelement 32 als

Druckerzeugungselement, dann von der zweiten Isolationsschicht 31 und schliesslich von der Trägereinheit 30 umfasst. Damit kann mit dem Druckerzeugungselement 32 eine Kraft erzeugt werden, die von allen radialen
5 Richtungen, d.h. im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse 40, auf die Laserdiodeneinheit 34 einwirkt.

In Fig. 3 ist ein Ausgangsfenster 50 dargestellt, wie es axial an das in Fig. 2 dargestellte Trägerelement 30
10 angeordnet wird. Das Ausgangsfenster 50 besteht im Wesentlichen aus einem Rahmenelement 70 und einer seitlich angeordneter Isolationsschicht 61, wobei sowohl durch das Rahmenelement 70 als auch durch die Isolationsschicht 61 eine Öffnung 60 vorgesehen ist. Des Weiteren ist in Fig. 3
15 eine Schnittebene A-A eingezeichnet, welche die Grundlage für den in Fig. 4 dargestellten Schnitt durch das Ausgangsfenster 50 bildet.

Fig. 4 zeigt das in Fig. 3 dargestellte Ausgangsfenster 50
20 im Schnitt gemäss Schnittebene A-A (Fig. 3). Durch den Schnitt parallel zur Längsachse 40 wird das Rahmenelement 70 zum U-förmigen Teil, in das ein teildurchlässiges Fenster 51 eingelegt ist, das im Wesentlichen senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung, d.h. der Längsachse 40, steht.
25 Eine Verschiebung des teildurchlässigen Fensters 51 sowohl translatorisch in axialer Richtung als auch als Kippbewegung um die Längsachse 40 wird mit Hilfe von Verschiebungselementen 52 bis 56 (im Folgenden auch etwa Verschiebungselemente genannt) erreicht, die wiederum als

Piezoelemente ausgebildet sind. Damit für die Bewegungen des teildurchlässigen Fensters 51 drei Freiheitsgrade zur Verfügung stehen, sind die Verschiebungselemente 52 bis 56 in der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform in den Ecken des viereckigen teildurchlässigen Fensters 51 angeordnet. Des Weiteren sind die Verschiebungselemente 52 bis 56 einzeln über eine elektrische Verbindung kontaktiert, so dass die Verschiebungselemente 52 bis 56 unabhängig voneinander angesteuert werden können. Die Steuerung erfolgt beispielsweise über eine zentrale Kontrolleinheit, die nicht weiter dargestellt ist.

Die Spiegeleinheit, welche die in der Laserdiodeneinheit 34 (Fig. 2) erzeugten Lichtstrahlen möglichst vollständig und verlustfrei reflektieren soll, kann als fixe Spiegelfläche nach bekanntem Stand der Technik realisiert werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird vorgeschlagen, die Spiegeleinheit nicht fix zu realisieren, sondern analog zu dem anhand der Fig. 3 und 4 erläuterten teildurchlässigen Fenster 51. Bei dieser Ausführungsvariante ist zwar kein teildurchlässiges Fenster notwendig. Daher wird anstelle des in Fig. 4 dargestellten teildurchlässigen Fensters 51 eine reflektierende Oberfläche benötigt, die beispielsweise durch Aufdampfen einer Metallschicht auf einen Träger erhalten wird. Die übrigen Elemente, d.h. die Positions- bzw. Verschiebungselemente, werden zur Steuerung der reflektierenden Oberfläche verwendet. Damit ist eine

Lasereinheit 2 geschaffen, die gegenüber der Ausführungsform mit einer fixen Spiegelfläche (Spiegelement) einen erweiterten Einsatzbereich aufweist, was im Lichte der nachfolgenden Erläuterungen besonders
5 deutlich wird.

Bekanntlich ist zur Erhaltung einer Resonanz in einer Lasereinheit von entscheidender Bedeutung, dass der Abstand zwischen Spiegelfläche (Spiegelement) und
10 teildurchlässigem Fenster ein Vielfaches oder die Exakte der interessierenden halben Wellenlänge ($\lambda/2$) beträgt. Wird nun die Wellenlänge durch Veränderung mittels des Piezoelementes 32 (Fig. 2) verändert, so kann vor allem dann eine effiziente Lasereinheit (d.h. maximal kohärentes
15 Licht) erhalten werden, wenn der Abstand zwischen der Spiegeloberfläche und dem teildurchlässigen Fenster 51 als Vielfaches oder gleich der interessierenden halben Wellenlänge eingestellt wird.

20 Es hat sich gezeigt, dass durch die Kombination der allseitigen Kraftausübung auf die Laserdiodeneinheit 34 (Fig. 2B) und durch die gleichzeitig vorgenommene korrekte Einstellung des Abstandes zwischen Spiegeloberfläche und teildurchlässigem Fenster 51 eine äusserst vielfältig
25 einsetzbare Lasereinheit 2 (Fig. 2) zur Verfügung gestellt wird, welche sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass sich die Wellenlänge beispielsweise zwischen 400 nm und 700 nm elektronisch einstellen lässt, ohne dass Prismen oder

Farbfilter notwendig sind bzw. ohne dass eine Frequenzverdoppelung vorgenommen werden muss.

Fig. 5 zeigt die Lasereinheit 2, bestehend aus den anhand
5 der Fig. 2A, 2B, 3 und 4 erläuterten Einzelteilen. So ist
das Trägerelement 30 gemäss Fig. 2 zwischen dem
Rahmenelement 50 mit dem teildurchlässigen Fenster und
einer Spiegeleinheit 80 angeordnet, wobei jeweils eine
Isolationsschicht 61 zwischen den Einzelteilen 80, 30, 56
10 zur elektrischen und thermischen Isolation vorhanden sind.

Fig. 6A und 6B zeigen mittels Epitaxie oder auch durch
andere Verfahren hergestellte Laserdiodeneinheiten, die auf
allen vier Seiten des quadratischen Querschnittes
15 Druckerzeugungselemente 73, 74 aufweisen, wobei die vier
Teile der Druckerzeugungselemente 73, 74 in den jeweiligen
Ecken beabstandet sind. Für die gleichzeitige Betätigung
aller vier Teile der Druckerzeugungselemente 73, 74 sind
diese mit Hilfe von Bonddrähten elektrisch miteinander
20 verbunden (wie in den Fig. 6A und 6B dargestellt) oder
direkt mit einer hierfür vorgesehenen Spannungsquelle bzw.
Steuereinheit 77 gekoppelt.

Zur weiteren Verdeutlichung wird in Fig. 6A ein p-n-
25 Übergang und in Fig. 6B ein n-p-Übergang für die
Laserdiodeneinheit dargestellt. Aus den Fig. 6A und 6B wird
ersichtlich, dass die Druckerzeugungselemente 73, 74 in
Bezug auf die Laserdiodeneinheit gegenteilige Pole

aufweist, womit eine gegenseitige ungünstige Beeinflussung zwischen Druckerzeugungselement und Laserdiodeneinheit verhindert werden kann.

- 5 Die in den Fig. 6A bzw. 6B verwendeten Hinweiszeichen können wie folgt zugewiesen werden:

- 71 n (Kathode) der Laserdiodeneinheit;
- 72 p (Anode) der Laserdiodeneinheit;
- 10 73 n-Anschluss des Druckerzeugungselementes;
- 74 p-Anschluss des Druckerzeugungselementes;
- 75 Trägerelement;
- 76 Quelle für die Laserdiodeneinheit;
- 77 Steuerschaltung zur Einstellung der auf die
- 15 Laserdiodeneinheit wirkende Kraft;
- 78 Luftspalt zwischen den einzelnen Teilen der Druckerzeugungseinheit;
- 79 Druckerzeugungselement.

- 20 Fig. 7 zeigt in schematischer Darstellung eine erfindungsgemässe Vorrichtung mit der mittig zwischen der Spiegeleinheit 80 und dem Ausgangsfenster 50 angeordneten zentralen Teil der Lasereinheit 2, die beispielsweise in der im Zusammenhang mit Fig. 6A bzw. 6B beschriebenen Art
- 25 und Weise realisiert ist. Diese Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl die Spiegeleinheit 80 als

auch das Ausgangsfenster 50 in Abhängigkeit der durch das Druckerzeugungselement (in Fig. 7 nicht dargestellt) erzeugten und auf die Laserdiodeneinheit einwirkenden Kraft verschoben wird, und zwar derart, dass sich die

5 Laserdiodeneinheit stets mittig zwischen der Spiegeleinheit 80 und dem Ausgangsfenster 50 befindet bzw. die Diodenlaserfasette eine halbe Wellenlänge oder ein Vielfaches der halben Wellenlänge zur Spiegeleinheit entfernt ist, wobei dies davon abhängig ist, ob die

10 Diodenlaserfasette entspiegelt ist oder nicht. Ist nämlich die Diodenlaserfasette entspiegelt, so baut sich zwischen der Diodenlaserfasette und der Spiegeleinheit keine zusätzliche Resonanz auf. Ist hingegen die Diodenlaserfasette nicht entspiegelt, so baut sich

15 zwischen der Diodenlaserfasette und der Spiegeleinheit eine zusätzliche Resonanz auf, was bei inkorrektter Distanz zu zusätzlichen Wellen und damit zu einem Verlust führt. Dies mit Abweichungen in Abhängigkeit von der Distanz der Spiegeleinheiten gegenüber der Diodenlaserfasette und gilt

20 für beide Austrittseiten der Laserdiodeneinheit. Dies wird beispielsweise mit Hilfe der in Fig. 7 dargestellten synchronen Drehvorrichtung 100 erreicht, die im Punkt D drehbar gelagert ist. Wird nun mit dem Verschiebungselement 52 die Spiegeleinheit 80 in eine Richtung W1 verschoben, so

25 erfolgt über die synchrone Drehvorrichtung 100 eine 1:1-Übertragung auf das Ausgangsfenster 50, so dass dieses eine betragsmässige identische Verschiebung in Richtung W2 erfährt.

Eine mittige Ausrichtung der Laserdiodeneinheit bzw. deren Fassette ergibt als zusätzlicher Vorteil eine optimierte Leistungsausnutzung.

5 Anstelle der synchronen Drehvorrichtung 100 können selbstverständlich auch zwei oder mehrere Verschiebungselemente 52 vorgesehen werden, die derart abgestimmt und angeordnet sind, dass sich die Laserdiodeneinheit stets mittig zwischen der Spiegeleinheit
10 80 und dem Ausgangsfenster 50 befindet.

Für die im Zusammenhang mit der in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemässen Vorrichtung ist eine anhand der in den
15 Fig. 8 bis 13 erläuterten Phototransistoreinheiten 4 (Fig. 1) besonders geeignet.

Die in Fig. 8 dargestellte Phototransistoreinheit 4 besteht im Wesentlichen aus einer photosensitive Schicht 102, die
20 beispielsweise mit einem oder mehreren Phototransistoren realisiert ist, und einer vor der photosensitiven Schicht 102 angeordneten Filtereinheit 110. Die Filtereinheit 110 weist eine bewegliche Schlitzmaske 103, eine Mikroprismeneinheit 107 und eine feste Schlitzmaske 108
25 auf. Die bewegliche Schlitzmaske 103 kann in den durch einen Pfeil 105 angegebenen Richtungen im Wesentlichen lateral zur Schlitzmaske 108 bewegt werden, und zwar mit Hilfe von in Bezug auf die bewegliche Schlitzmaske 103 seitlich angeordneten Verschiebungseinheiten 104 und 106.

In einer spezifischen Ausführungsform ist die eine Verschiebungseinheit 104 mit Hilfe einer Piezoeinheit und die andere Verschiebungseinheit 106 als viskoses Federelement realisiert. Das viskose Federelement besteht
5 dabei beispielsweise aus einer Silikoneinlage, einer Einlage aus natürlichem Kautschuk oder aus einer Stahlfeder. Bei der Verwendung einer Silikoneinlage ist eine Pufferschicht zur Verhinderung von Materialwanderungen notwendig.

10

Eine weitere konkrete Ausführungsform für die Verschiebungselemente 104 und 106 besteht in der Verwendung von Mikrostepper oder Mikrolinearmotoren, die ebenfalls eine hohe Präzision bei der Verschiebung der beweglichen
15 Maske 103 ermöglichen.

Die Prismeneinheit 107 ist zwischen der festen und der beweglichen Schlitzmaske 108 bzw. 103 angeordnet, wobei die Masken 103, 108 korrespondierende erste und zweite
20 Öffnungen aufweisen, die ein Öffnungspaar bilden. Die Prismeneinheit 107 weist für mindestens ein Öffnungspaar ein Prisma auf.

In einer weiteren Ausführungsform der Anordnung, welche in
25 Fig. 8 nicht dargestellt ist, wird an Stelle der beweglichen Schlitzmaske 103 die Position der Mikroprismeneinheit 107 mit Hilfe von Verschiebungseinheiten verändert, die beispielsweise wiederum in der Form einer Piezoeinheit und einem viskosen
30 Federelement realisiert sind. Auch hiermit können selektiv

diejenigen Lichtwellen L durch die Schlitzmaske 103, die im Unterschied zur Ausführungsform gemäss Fig. 8 nunmehr ortsfest ist, auf die photosensitive Schicht 102 geleitet werden. Die Mikroprismeneinheit 107 wird im Wesentlichen
5 lateral zur Schlitzmaske 103 bzw. zur Schlitzmaske 108 bewegt.

Eine noch weitere Ausführungsform der Filtereinheit 110 besteht darin, dass beide Schlitzmasken beweglich sind.
10 Hiermit sind Auslenkungen der einzelnen Schlitzmasken reduziert, da jede der Schlitzmasken um die Hälfte des zurückzulegenden Weges bewegt wird. Die Schlitzmasken bewegen sich dabei lateral gegenläufig.

15 Die beschriebene Filtereinheit 110 stellt somit ein Farbfilter dar, bei dem auf elektronischem Weg die gefilterten Wellenlängen eingestellt werden können. Darüber hinaus ist die Filtereinheit 110 ein temperaturunabhängiges Farbfilter, das beispielsweise auf Wellenlängen von 1400
20 bis 430 nm einstellbar ist. Die Filtereinheit 110 und mithin die ganze Phototransistoreinheit 1 zeichnen sich durch einen oder mehrere der folgenden Vorteile aus:

- die Bauform der Filtereinheit 110 bzw. der
25 Phototransistoreinheit 1 kann äusserst klein gewählt werden;
- elektronische und präzise Einstellbarkeit der gewünschten Wellenlänge von denjenigen Lichtstrahlen, die auf die photosensitive Schicht 102 auftreffen
30 sollen;

- minimaler mechanischer Aufwand;
- äusserst kurze Reaktionszeiten;
- Erhöhung der Empfindlichkeit der Phototransistoreinheit 1, wenn alle Öffnungspaare auf eine Wellenlänge bzw. den gleichen Wellenlängenbereich eingestellt werden, in dem gemessen werden soll. Dann nämlich können die auf der photosensitiven Schicht gemessenen Signale addiert werden, was zu grösseren Signalanteilen führt.

Um genaue Messresultate mit der Phototransistoreinheit 1 erhalten zu können, muss vorab eine Eichung vorgenommen werden. Eine solche Eichung kann beispielsweise wie folgt durchgeführt werden:

Die Phototransistoreinheit 1 wird einer Lichtquelle mit einer bekannten Wellenlänge ausgesetzt. Die bewegliche Schlitzmaske 103 bzw. 108 - oder gegebenenfalls die Mikroprismeneinheit 107, sofern diese beweglich ist - wird dann solange mit Hilfe der Verschiebungseinheiten 104, 106 verschoben, bis auf der photosensitiven Schicht 102 ein Signalmaximum erhalten wird. Der entsprechende Grad der Verschiebung kann in Abhängigkeit des verwendeten Verschiebungsmechanismus für die Eichung festgehalten werden. Werden als aktive Verschiebungseinheiten Piezoelemente verwendet, so kann das an die Piezoelemente angelegte elektrische Signal mit der Wellenlänge der Lichtquelle in Bezug gesetzt werden, womit die Eichung für diese Wellenlänge abgeschlossen ist. Weitere Eichungen mit anderen Wellenlängen der Lichtquellen werden mit Vorteil

vorgenommen, um allfällige Nichtlinearitäten erfassen zu können.

Es hat sich gezeigt, dass die Mikroprismeneinheit 107 aus
5 einer Substanz mit der chemischen Formel NaCl in
kristalliner Form hergestellt werden kann.

Fig. 9 zeigt in perspektivischer Darstellung eine weitere
Ausführungsform der Filtereinheit. Im Unterschied zur
10 Ausführungsform gemäss Fig. 8 weist diese Ausführungsform
lediglich einen Schlitz in den Schlitzmasken 103 und 108
auf. Entsprechend weist die Mikroprismeneinheit 107 ein
einziges Prisma auf. Durch die Schlitzmaske 108 wird ein
einfallender Lichtstrahl parallelisiert. Der
15 parallelisierte Lichtstrahl wird in der Folge durch die
Mikroprismeneinheit 107 in Lichtkomponenten
unterschiedlicher Wellenlängen zerlegt. Mit Hilfe der
beweglichen Schlitzmaske 103 wird die interessierende
Lichtkomponente ausgewählt, indem die bewegliche
20 Schlitzmaske 103 entsprechend positioniert wird. Dadurch
wird erreicht, dass nur das Licht mit der gewünschten
Wellenlänge auf die photosensitive Schicht 102 trifft und
gemessen wird.

25 Eine weitere Ausführungsform besteht darin, Lochmasken
anstelle von Schlitzmasken zu verwenden. Damit werden die
entsprechenden Abbildungen auf der photosensitiven Schicht
nicht streifenförmig sondern punktförmig.

Fig. 10 zeigt eine Mikroprismeneinheit 107, wie sie beispielsweise in der Ausführungsform gemäss Fig. 8 verwendet wird. Die Mikroprismeneinheit 107 ist beispielsweise aus Glas hergestellt, in das die einzelnen Prismen eingeschliffen worden sind. Zu beachten ist bei der Herstellung der Mikroprismeneinheit, dass die einzelnen Prismen mit den entsprechenden Abmessungen der Schlitz- bzw. Lochmaske im Einklang sind, d.h., dass die Anordnung eines Schlitzes bzw. eines Loches mit dem entsprechenden Prisma übereinstimmt, so dass die gewünschten Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche gemessen werden können. Die korrespondierenden Schlitz- bzw. Löcher werden allgemein als Öffnungspaare bezeichnet, die entsprechend aus ersten und zweiten Öffnungen bestehen.

Die Mikroprismeneinheit 107 besteht in einer weiteren Ausführungsform aus einem Polymer anstelle von Glas. Damit ist die Herstellung vereinfacht und die Kosten niedriger als bei Verwendung von Glas. Denkbar ist auch eine Zusammensetzung von einzelnen Prismen zur Bildung der Mikroprismenschicht. Die einzelnen Prismen werden dann mit einem Klebstoff zusammen geklebt.

Wie aus den vorstehenden Erläuterungen, insbesondere im Zusammenhang mit den Ausführungsvarianten gemäss Fig. 8 bis 10, deutlich wurde, besteht eine Anwendung der Filtereinheit darin, diese mit einer photosensitiven Schicht 102 zu kombinieren. Damit wird eine Phototransistoreinheit erhalten, mit der äusserst genaue Messungen in einem bestimmten Wellenlängenbereich gemacht

werden können, wobei eine elektronische Einstellung der zu messenden Wellenlänge möglich ist.

Eine weitere Ausführungsform der Filtereinheit besteht
5 darin, dass die von der Schlitz- bzw. Lochmaske durchgelassenen Wellenlängen einstellbar sind. Hierzu ist vorgesehen, als Maske, wie sie in Fig. 8 mit dem Hinweiszeichen 103 und 108 gekennzeichnet sind, zwei übereinander liegende Masken vorzusehen, die sich
10 gegeneinander lateral verschieben lassen. Eine solche Ausführungsform ist in Fig. 11 dargestellt, wobei zwei unmittelbar übereinander liegende Masken 108a und 108b, die sich gegeneinander - beispielsweise wiederum mit Piezoelementen in Kombination mit viskosen Federelementen -
15 lateral verschieben lassen. Hierdurch wird die Schlitz- bzw. Lochgrösse verändert, mithin ist eine Schlitz- bzw. Lochmaske erhalten worden, bei der die Öffnung einstellbar ist. Je nach Anwendung kann die Schlitz- bzw. Lochmaske mit einstellbarer Öffnung oberhalb der Mikroprismeneinheit,
20 d.h. auf der Seite der Lichtquelle L, oder unterhalb der Mikroprismeneinheit vorgesehen sein. Denkbar ist darüber hinaus auch, dass sowohl die Öffnung der Schlitz- bzw. Lochmasken oberhalb als auch unterhalb der Mikroprismeneinheit einstellbar im Sinne der vorstehenden
25 Ausführungen ist.

Fig. 12 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Filtereinheit 1 mit einer beweglichen Schlitzmaske 108, einer Prismeneinheit 107, einer festen Schlitzmaske 103 und
30 einer photosensitiven Schicht 102 entsprechend der

Ausführungsform, welche in Fig. 9 dargestellt ist. Im Unterschied zu dieser weist die Ausführungsform gemäss Fig. 12 einerseits eine bewegliche Schlitzmaske 108 auf, deren den Schlitz bildenden Seitenwände einen konischen Verlauf haben, und zwar ist der Schlitz auf der Lichtaustrittsseite enger als auf der Lichteintrittsseite. Andererseits weist die feste Schlitzmaske 103 ebenfalls konisch verlaufende Seitenwände auf, allerdings in umgekehrter Richtung, so dass die Schlitzbreite auf der Lichteintrittsseite kleiner ist als auf der Lichtaustrittsseite. Mit anderen Worten ist die Schlitzbreite auf der Seite der Prismeneinheit 107 kleiner als auf der Seite der photosensitiven Schicht 102.

In einer Ausführungsvariante sind der Schlitz der beweglichen Schlitzmaske 108 mit einer Sammeloptik 13 und/oder der Schlitz der fixen Schlitzmaske 103 mit einem Diffusor 14 ausgestattet. Während durch die Sammeloptik 13 eine höhere Lichtmenge bzw. Lichtquantenmenge erhalten wird, die auf der Prismeneinheit 107 auftrifft, wird durch den Diffusor 14 das durch die Prismeneinheit 107 monochrom austretende Licht im Wesentlichen gleichmässig und grossflächig auf der photosensitiven Schicht 102 verteilt. Insgesamt wird hierdurch eine höhere Empfindlichkeit der Phototransistoreinheit erhalten.

25

In Fig. 12 ist der Abstand zwischen der beweglichen Schlitzmaske 108 und der Prismeneinheit 107 mit a , der Abstand zwischen der Prismeneinheit 107 und der festen Schlitzmaske mit b und der Abstand zwischen der festen Schlitzmaske 103 und der photosensitiven Schicht 102 mit c

30

bezeichnet. Es hat sich gezeigt, dass die Abstände a und c vorzugsweise möglichst klein gewählt werden. Der Abstand b ist vorzugsweise variabel und dient dabei zur Begrenzung bzw. Einstellung der Bandbreite - bzw. des

5 Wellenlängenbereichs - der Lichtstrahlen, die durch den Schlitz der festen Schlitzmaske 103 gelangen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der konische Verlauf - d.h. die Steilheit der den Schlitz begrenzenden Seitenwände

10 - der festen Schlitzmaske 103 derart gewählt wird, dass der relevante Messbereich auf der photosensitiven Schicht vollflächig ausgeleuchtet wird. Damit ist gewährleistet, dass es zu keinen Fehlern bei den Messresultaten kommt, denn in der Regel führt eine nicht vollflächige

15 Ausleuchtung eines Phototransistors zu Messfehlern.

In Fig. 13 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Filtereinheit mit einer photosensitiven Schicht 102 mit mehreren Schlitzzen bzw. Löchern in der

20 Schlitz- bzw. Lochmaske 108 analog zur Ausführungsform gemäss Fig. 8 dargestellt. Mit 12 ist gemischtes Licht und mit 15 ist monochromatisches Licht gekennzeichnet, wobei letzteres allein auf die photosensitive Schicht 102 auftrifft.

25

Bei der Ausführungsform mit einer beweglichen Schlitzmaske 108 sind die die Schlitzze bildenden Seitenwände konisch verlaufend, wobei die Schlitzöffnung auf der Seite des Lichteintritts maximal gewählt ist, so dass in jeden

30 Schlitz möglichst viel Licht einfallen kann. Entsprechend

laufen die die Schlitz bildenden Seitenwände in einen Spitz zusammen, der jeweils mit der Oberseite der beweglichen Schlitzmaske 108 zusammenfällt. Demgegenüber ist die feste Schlitzmaske 103 umgekehrt angeordnet in dem Sinne, dass die breite Öffnung auf der Seite der photosensitiven Schicht 102 zu liegen kommt. Durch den im Schlitz enthaltenen Diffusor 14 ist gewährleistet, dass die photosensitive Schicht maximal und gleichmässig ausgeleuchtet wird, womit eine höhere Empfindlichkeit und genauere Messresultate erreicht werden.

Um die Lichtausbeutung weiter zu steigern, sind in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung die konisch verlaufenden Seitenwände der Schlitz verspiegelt.

Bei einer weiteren Ausführungsform, für die die Querschnittsdarstellung gemäss Fig. 13 ebenfalls Gültigkeit hat, sind anstelle von Schlitz Löcher in den Masken 108 und 103 vorgesehen. Die Löcher in den Masken 108 und 103 sind daher Kegelstumpf-förmig, ebenso die in die Masken 108 und 103 eingelassenen Einsätze als Sammellinsen 13, im Falle der beweglichen Lochmaske 108, oder als Diffusor 14, im Falle der festen Lochmaske 103.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass - wie schon im Zusammenhang mit den Ausführungsformen gemäss den Fig. 8 und 9 erläutert - auch bei den Ausführungsformen gemäss den Fig. 12 und 13 die bewegliche Maske 108 fixiert und die feste Masken 108 beweglich ausgebildet werden kann. Des

Weiteren sind Konstellationen gemäss Fig. 11 bei den Ausführungsformen gemäss Fig. 12 und 13 ebenfalls denkbar.

- Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die
- 5 Mikroprismeneinheiten aus kristallinem NaCl, Glas oder einem Polymer bestehen. Denkbar sind ferner Kristalle, Edelsteine wie beispielsweise Diamanten für eine hohe Farbreinheit, Quarze oder Neodym.
- 10 Es wird ferner darauf hingewiesen, dass bei allen vorstehend erwähnten Ausführungsformen in den Mikroprismen- bzw. in den Prismeneinheiten so genannte Mehrfachprismen verwendet werden können. Derartige Mehrfachprismen, auch etwa Geradsichtprismen genannt, werden aus mehreren Prismen
- 15 mit unterschiedlichen Materialien, beispielsweise unterschiedlichen Glassorten, zusammengesetzt, so dass trotz einer spektralen Ablenkung der Mittenstrahl im Wesentlichen unabgelenkt durchgeht. Weitere Angaben zu den Mehrfachprismen können beispielsweise der DE-37 37 775 A1
- 20 entnommen werden.

- Schliesslich ist in Fig. 14 eine Ausführungsform für die im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnte Mikrowelleneinheit 3
- 25 dargestellt. Es handelt sich hierbei um einen möglichen schematischen Aufbau eines Teils der Mikrowelleneinheit 3 anhand eines Schnittes parallel zu einer Ausbreitungsrichtung 205 der Mikrowellen. Wie die anhand von Fig. 2 erläuterte Lasereinheit 2 umfasst die
- 30 Mikrowelleneinheit 3 (Fig. 1) eine Trägereinheit 200 aus

einem belastbaren Material, beispielsweise Messing oder Platin. Damit können gegebenenfalls hohe Kräfte aufgenommen werden. Im Innern der Trägereinheit 200 sind in kompakter Bauweise die folgenden Schichten, ausgehend von einer
5 oberen Trägerwand, enthalten: eine erste Isolationsschicht 201, eine Gunn-Diode 202, eine zweite Isolationsschicht 203 und ein Piezoelement 204. Diverse Steuerleitungen mit entsprechenden Kontaktstellen zur Steuerung der einzelnen Schichten von der Kontrolleinheit 1 (Fig. 1) aus, sind in
10 Fig. 14 nicht gezeigt.

Die Gunn-Diode 202 ist eine auf dem Gunn-Effekte (John Gunn, 1963) beruhende Diode, die in bekannter Weise zur Erzeugung von Mikrowellen eingesetzt wird. Für weitere
15 Angaben zum Gunn-Effekt bzw. zu Gunn-Dioden wird stellvertretend auf das Standardwerk von Donald Christiansen mit dem Titel "Electronics Engineers' Handbook" (McGraw-Hill, vierte Auflage, 1997, Seiten 12.71 sowie 12.79 und 12.80) verwiesen. In dieser Druckschrift
20 sind auch weitere Standardwerke zu diesem Thema angegeben.

Gemäss den vorstehenden Erläuterungen ist die Gunn-Diode 202 zwischen der ersten und der zweiten Isolationsschicht 201 bzw. 203 eingeklemmt. Mit Hilfe des Piezoelementes 204
25 kann nun die Frequenz der von der Gunn-Diode 202 erzeugten Mikrowellen beispielsweise zwischen 8.7 und 12 GHz eingestellt werden. Dabei erfolgt die Frequenzverschiebung einerseits durch den Druck auf die Gunn-Diode 202 (d.h. den so genannten "die") selbst, wodurch eine
30 Materialveränderung im Innern der Gunn-Diode 202 infolge

der molekularen Schwingungsänderung - ähnlich wie bei einer starken Temperaturänderung -, entsteht, andererseits durch eine Veränderung der Kapazität durch eine Distanzveränderung der Gunn-Diode 202 zur Trägereinheit 200

5 - ähnlich einer Kapazitätsveränderung bei einem Kondensator, bei dem die Kondensatorplatten gegeneinander verschoben werden. Über das Piezoelement 204 ist somit die Möglichkeit gegeben, die Frequenz der mittels der Gunn-Dioden 202 erzeugten Mikrowellen exakt einzustellen. Damit
10 unterscheidet sich die beschriebene Mikrowelleneinheit 3 von bekannten Vorrichtungen insbesondere dadurch, dass die Frequenz der erzeugten Mikrowellen auf elektronischem Weg, ohne mechanische Einstelleinrichtungen, exakt eingestellt werden kann.

15

Damit die einmal eingestellte Frequenz der auszusendenden Mikrowellen 205 konstant bleibt, ist das Piezoelement 204 in einer weiteren Ausgestaltung der Mikrowelleneinheit 3 mit einer an sich bekannten, so genannten PLL-(Phase-
20 Locked-Loop)- oder FLL-(Frequency-Locked-Loop)-Schaltung versehen. Eine dieser Schaltungen regelt die am Piezoelement 204 angelegte Spannung derart, dass die gewünschte Frequenz der Mikrowellen 205 konstant bleibt.

25 Mit 206 ist seitlich der Gunn-Diode 202 ein Fenster für den Austritt der Mikrowellen 205 bezeichnet. Das Fenster 206 wird vorzugsweise durch eine geeignete Dotierung mit Fremdatomen erhalten. Damit wird ein kontrolliertes Austreten von Mikrowellen aus der Gunn-Diode 202
30 ermöglicht. Für die Dotierung eignet sich dabei

insbesondere GaAs (Galliumarsenid). Der Durchmesser des Fensters 206 beträgt beispielsweise ca. 10 μm und die Tiefe der Dotierung beispielsweise 320 Å (Angström). Im Übrigen sind die +/- Anschlüsse in Fig. 14 eingezeichnet, wobei
5 eine elektrische Kontaktierung des erstgenannten im Fenster 206 und eine elektrische Kontaktierung des zweit genannten ausserhalb des Fensters 206 erfolgt.

In Fig. 15 ist eine Ausführungsform für eine
10 Mikrowelleneinheit 3 (Fig. 1) schematisch dargestellt. Mit 250 ist ein Hohlraumresonator bezeichnet, in dem auch der anhand von Fig. 14 erläuterte Teil der Mikrowelleneinheit 3 enthalten sein kann. Fig. 15 zeigt einen zu Fig. 14 alternative Ausführungsform, die im Detail anhand von Fig.
15 16 beschrieben wird.

Der Hohlraumresonator 250 ist aus Metall und weist eine Austrittsöffnung 251 auf, durch den die Mikrowellen in Ausbreitungsrichtung 205 aus den Hohlraumresonator 250
20 austreten. Im Hohlraumresonator 250 ist einerseits ein Keramikkörper 234, der von oben in das Innere des Hohlraumresonators 250 ragt, andererseits ein Körper 235, der von unten in das Innere des Hohlraumresonators 250 ragt, enthalten, wobei der obere Keramikkörper 234 und der Körper
25 235 aneinander ausgerichtet sind, d.h. eine gemeinsame Achse aufweisen, sich jedoch nicht berühren. Neben dem Körper 235 ist ferner ein weiterer Keramikkörper 236 angeordnet, der mit Bezug auf die Detailansicht gemäss Fig. 16 erläutert wird. Der Körper 235 besteht aus einem Metall,
30 beispielsweise aus Messing oder Kupfer, und dient als

Kathode. Gleichzeitig kann über den Körper 235 überschüssige Wärme abgeleitet werden.

Aus Fig. 16, welche eine Detailansicht A gemäss Fig. 15 ist, ist ersichtlich, dass der untere Keramikkörper 235 als Trägerelement für die folgenden Einheiten bzw. Schichten ist (Reihenfolge ausgehend vom Keramikkörper 235):

- 10 - ein Piezoelement 204;
 - eine Kontaktschicht 203 aus einem Metall, beispielsweise aus Silber oder Kupfer;
 - eine Gunn-Diode 202.
- 15 Zur Steuerung des Piezoelementes 204 ist eine Steuerleitung 231 vorgesehen, die mit einer Kontaktstelle 232 auf dem weiteren Körper 236 verbunden ist. Die Kontaktstelle 232 ist über einen im weiteren Körper 236 enthaltenen elektrischen Leiter aus dem Hohlraumresonator 250 geführt,
- 20 womit die Möglichkeit zur Ansteuerung des Piezoelementes 204 von ausserhalb des Hohlraumresonators 250 gegeben ist. Die oberhalb der Kontaktschicht 203 angeordnete Gunn-Diode 202 ist ferner über eine Kontaktschlaufe 230 mit dem
- 25 Keramikkörper 234 verbunden, der gleichzeitig als Durchführungskondensator dient und die Kontaktierung der Gunn-Diode 202 von ausserhalb des Hohlraumresonators 250 ermöglicht.

Gemäss den vorstehenden Erläuterungen ist die Gunn-Diode

30 202 auf der Kontaktschicht 203 und dem Piezoelement 204

aufgebracht. Mit Hilfe des Piezoelementes 204 kann nun die Frequenz der von der Gunn-Diode 202 erzeugten Mikrowellen beispielsweise zwischen 8.7 und 12 GHz eingestellt werden. Dabei erfolgt die Frequenzverschiebung einerseits durch die

5 kapazitive Veränderung infolge einer Abstandsänderung zwischen Gunn-Diode 202 und dem als Kathode wirkenden Körper 235, andererseits durch die Positionsänderung gegenüber dem als Durchführungskondensator wirkenden

10 Keramikkörper 234. Über das Piezoelement 204 ist somit die Möglichkeit gegeben, die Frequenz der mittels der Gunn-Diode 202 erzeugten Mikrowellen exakt einzustellen und zu verändern. Auch diese Ausführungsform unterscheidet sich somit von bekannten Mikrowelleneinheiten dadurch, dass die

15 Frequenz der erzeugten Mikrowellen auf elektronischem Weg eingestellt werden kann.

Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsvariante ist die sehr kleine Bauform von beispielsweise 2 x 1 x 1 mm für die äusseren Abmessungen des Hohlraumresonators 250, der

20 lediglich drei Anschlüsse ausweist, nämlich V_{Gnd} , V_{Gunn} und V_{Piezo} , wobei V_{Gnd} dem gemeinsamen Erd- bzw. Massenpotential, V_{Gunn} der Speisespannung bzw. dem Signalabgriff der Gunn-Diode und V_{Piezo} der Speisespannung des Piezoelementes und der damit verbundenen Abstimmung des Schwingkreises

25 entspricht. Der in sich geschlossene Hohlraumresonator weist eine geringe Anfälligkeit gegenüber äusseren Einflüssen auf, da alle HF-aufweisenden Bauteile im Hohlraumresonator enthalten sind. Dieser Umstand macht ihn geradezu ideal für die Anwendung in der Mikrosensortechnik.

Wie schon im Zusammenhang mit den Ausführungen zu der Ausführungsvariante gemäss Fig. 14 erwähnt worden ist, kann die eingestellte Frequenz der auszusendenden Mikrowellen mit Hilfe von so genannten PLL-(Phase-Locked-Loop)- oder
5 FLL-(Frequency-Locked-Loop)- Schaltungen konstant gehalten werden, was selbstverständlich auch bei dieser Ausführungsform denkbar ist.

Fig. 17 zeigt eine gegenüber der Ausführungsform gemäss
10 Fig. 16 mit einer zusätzlichen Induktivität und einer zusätzlichen Kapazität ergänzte Variante. Damit wird verhindert, dass hochfrequente Signalanteile bzw. Mikrowellen aus dem Hohlraumresonator an nicht erwünschten Stellen austreten können.

15 Fig. 18 zeigt die Trägereinheit 200 in Seitenansicht, wobei wiederum mit 205 der Mikrowellenstrahl, der in der Gunn-Diode 202 (Fig. 14) erzeugt wird, identifiziert ist. Durch Einbetten der Trägereinheit 200 mit Verschiebungselementen
20 207 bis 209, welche je aus einem Piezoelement gebildet sind, lässt sich die Trägereinheit 200 als ganzes verschieben bzw. kippen, mit anderen Worten lässt sich die Richtung des Mikrowellenstrahles 205 einstellen. Damit ein grösstmöglicher Bereich mit dem Mikrowellenstrahl abgedeckt
25 werden kann, sind das Verschiebungselement 207 und dessen Gegenstück (in Fig. 8 wegen Abdeckung durch das Verschiebungselement 207 nicht ersichtlich) im Bereich der Austrittsöffnung des Mikrowellenstrahls angebracht. Mit diesen Verschiebungselementen 208 kann die Trägereinheit
30 200 entsprechend den mit 210 gekennzeichneten Pfeilen,

welche senkrecht auf die Zeichnungsebene stehen, senkrecht zur Zeichnungsebene bewegt werden.

Die beiden weiteren Verschiebungselemente 208 und 209 sind
5 am gegenüberliegenden Ende der Trägereinheit 200
angeordnet, und zwar derart, dass die Trägereinheit 200 in
der Zeichnungsebene von Fig. 18 entsprechend den mit 211
gekennzeichneten Pfeilen bewegt werden kann. Mithin wirken
die Verschiebungselemente 208 und 209 auf zwei der parallel
10 verlaufenden Oberflächen der Trägereinheit 200, während das
Verschiebungselement 207 und sein Gegenstück auf die
anderen zwei der parallel verlaufenden Oberflächen der
quaderförmigen Trägereinheit 200 wirken.

15 Für eine einwandfreie Kontaktierung der
Verschiebungselemente 207 bis 209 sind diese auf deren
Aussenseite vorzugsweise mit einer Silberschicht versehen.
Dies ermöglicht eine einfache Kontaktierung mit
Steuerleitungen 220 bis 222 mittels bekannter Bonding-
20 Technologie. Dazugehörend ist ein Referenzanschluss 223 zur
Festlegung eines Referenzpotentials vorgesehen. Hierzu ist
der Referenzanschluss 223 mit der Trägereinheit 200,
vorzugsweise wiederum mittels der Bonding-Technologie,
verbunden.

25 Mit der beschriebenen Positionseinstellungsvorrichtung
lässt sich der Mikrowellenstrahl um zwei Achsen kippen, so
dass ein Kegel von ca. 2.5° abgefahren werden kann. Werden
weitere Verschiebungselemente eingesetzt, die auf das
30 dritte Oberflächenpaar der Trägereinheit 200 einwirken, so

kann zusätzlich eine translatorische Bewegung in einer dritten Achse erwirkt werden.

Bekanntlich werden Gunn-Dioden sowohl als Sende- als auch
5 als Empfangseinheiten eingesetzt. Entsprechend wird die Mikrowelleneinheit 3 nicht nur zum Senden sondern in analoger Weise auch zum Empfangen von Mikrowellen eingesetzt.

10 Es wird nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten aufweist. Obwohl als Ausführungsbeispiel die nicht-invasive Bestimmung von Substanzen, d.h. von Glukose und Cholesterin, im
15 menschlichen Körper angegeben worden ist, eignet sich die vorliegende Erfindung vorzüglich zur berührungslosen Bestimmung von beliebigen klinischen und/oder chemischen Parametern, wie sie einleitend in nicht-abschliessender Weise aufgeführt worden sind. In Anlehnung an die
20 Aufzählung als mögliche klinische und/oder chemische Parameter, welche mit dem erfindungsgemässen Verfahren bzw. der entsprechenden Vorrichtung bestimmt werden können, ergeben sich direkt die folgenden Anwendungen:

- 25
- Analyseautomaten zur Bestimmung von klinischen Parametern bis hin zur DNA-Bestimmung;
 - Doping-Test bei sportlichen Veranstaltungen: Das erfindungsgemässe Verfahren erlaubt einen schnellen, nicht-invasiven Test;

- Mobiles Alkoholtest: auch hier erweist sich die nicht-invasive Bestimmung von besonderem Vorteil;
- In der Farbindustrie ist die genaue Zusammenstellung der jeweiligen Farbpigmente von besonderer Bedeutung;
- 5 - Berührungsloses Bestimmen von Verunreinigungen im Abwasser: Durch das erfindungsgemässe Verfahren können Stoffzusammensetzungen bestimmt werden, ohne dass Proben entnommen werden müssen. Hierdurch können auch hochgiftige Substanzen gefahrlos untersucht werden.
- 10 - Für jedwede mikrobiologische Anwendung mit der Detektion von Viren oder Bakterien eignet sich die Erfindung vorzüglich, dabei ist es unerheblich, ob die zu bestimmenden Viren bzw. Bakterien in einem festen, flüssigen oder gasförmigen Medium enthalten sind.
- 15 - Überprüfung von Schweissnähten: mit dem erfindungsgemässen Verfahren können Mikrorisse mit hoher Zuverlässigkeit detektiert werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen von klinischen und/oder
5 chemischen Parametern (S1) in einem Medium (10), dadurch gekennzeichnet,
- dass Mittel (2) zum Aussenden von kohärenten Lichtwellen (6) und Mittel (4) zum Empfangen von Lichtwellen (8) vorgesehen sind,
10 - dass mindestens ein Teil der ausgesendeten Lichtwellen (6) in das Medium (10) abgegeben werden und
- dass die Mittel (4) zum Empfangen von Lichtwellen (8) mindestens einen Teil von im Medium (10) reflektierten Lichtwellen (8) messen,
15 wobei aufgrund der Eigenschaften der ausgesendeten und empfangenen Lichtwellen (6; 8) die Parameter (S1) bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
20 Frequenz- bzw. Wellenlänge der kohärenten Lichtwellen (6) entsprechend Charakteristika der zu bestimmenden Parameter (S1) eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
25 gekennzeichnet, dass die Mittel (4) zum Empfangen von Lichtwellen (8) Frequenz- bzw. Wellenlängen-selektiv eingestellt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
30 gekennzeichnet, dass die Mittel (2) zum Aussenden von

kohärenten Lichtwellen (6) zum Erzeugen von Wellenlängen zwischen 400 bis 1400 nm betrieben werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Cholesterin als Parameter (S1) bestimmt wird und/oder dass dessen Konzentration in Blut bestimmt wird.

6. Verfahren zum Bestimmen von klinischen und/oder chemischen Parametern (S2) in einem Medium (10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

- dass Mittel (3) zum Aussenden von Mikrowellen (7a) und Mittel (3) zum Empfangen von Mikrowellen (7b) vorgesehen sind,
- dass mindestens ein Teil der ausgesendeten Mikrowellen (7a) in das Medium (10) abgegeben werden und
- dass die Mittel (3) zum Empfangen von Mikrowellen (7b) mindestens einen Teil von im Medium (10) reflektierten Mikrowellen (7b) messen,

wobei aufgrund der ausgesendeten und empfangenen Mikrowellen die Parameter (S2) bestimmt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Frequenz- bzw. Wellenlänge der zu sendenden Mikrowellen (7a) entsprechend Charakteristika der zu bestimmenden Parameter (S2) eingestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (3) zum Aussenden und

Empfangen von Mikrowellen (7a, 7b) Pulse von einer Dauer zwischen 83 bis 133.3 ps erzeugen.

5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Glukose als Parameter (S2) bestimmt wird und dass dessen Konzentration in Blut bestimmt wird.

10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Position eines Messpfades (100) mit Hilfe der Mittel (2) zum Aussenden von kohärenten Lichtwellen (6) und den Mittel (4) zum Empfangen von Lichtwellen (8) im Medium (10) festgelegt wird und dass die Bestimmung der Parameter (S1, S2) auf den Messpfad (199) begrenzt wird.

15 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (2) zum Aussenden von kohärenten Lichtwellen (6) zum Erzeugen von Lichtwellen im Infrarot-Bereich betrieben werden.

20 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zeitpunkt einer im Messpfad (100) durchgeführten Messung aufgrund eines vorgebbaren Zeitsignals, insbesondere des Herzzyklus, festgelegt wird.

25 13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lasereinheit (2), eine Phototransistoreinheit (4) und eine Kontrolleinheit (1) vorgesehen sind, wobei die

Kontrolleinheit (1) je mit der Lasereinheit (2) und der Phototransistoreinheit (4) wirkverbunden ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,
5 dass eine Mikrowelleneinheit (3) vorgesehen ist, die mit der Kontrolleinheit (1) wirkverbunden ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
dass die Mikrowelleneinheit (3) bzw. deren Sendevorrichtung
10 in mindestens einer Ebene, vorzugsweise in zwei Ebenen, beweglich gelagert ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Phototransistoreinheit (4) einen
15 Frequenz- bzw. Wellenlängen-sensitiven Einstellungsmodus aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz- bzw. die Wellenlänge der zu
20 detektierenden Wellen (8) einstellbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zeitpunkt einer im Messpfad (100)
durchgeführten Messung aufgrund eines vorgebbaren
25 Zeitsignals, insbesondere des Herzzyklus, festlegbar ist.

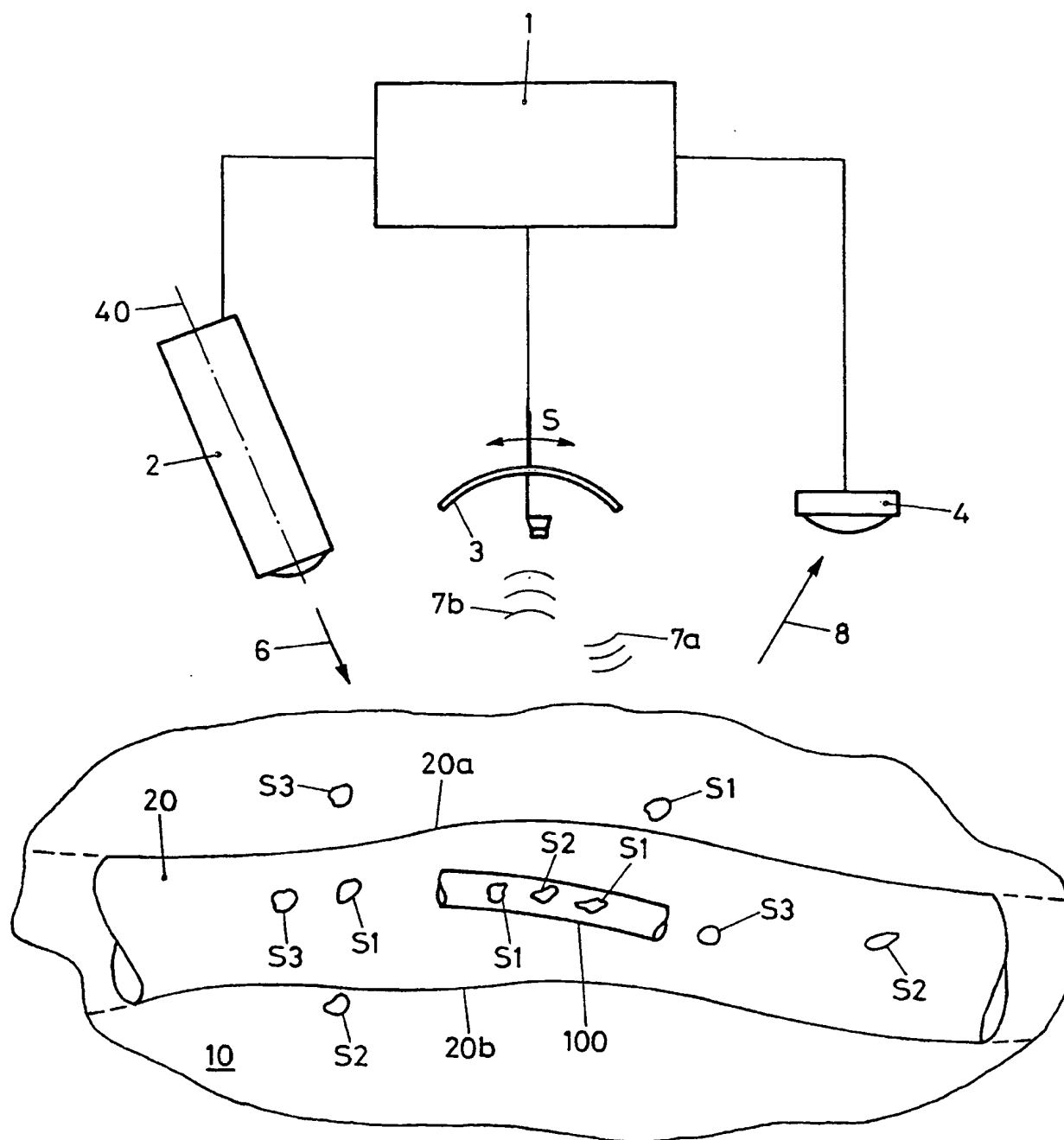


FIG.1

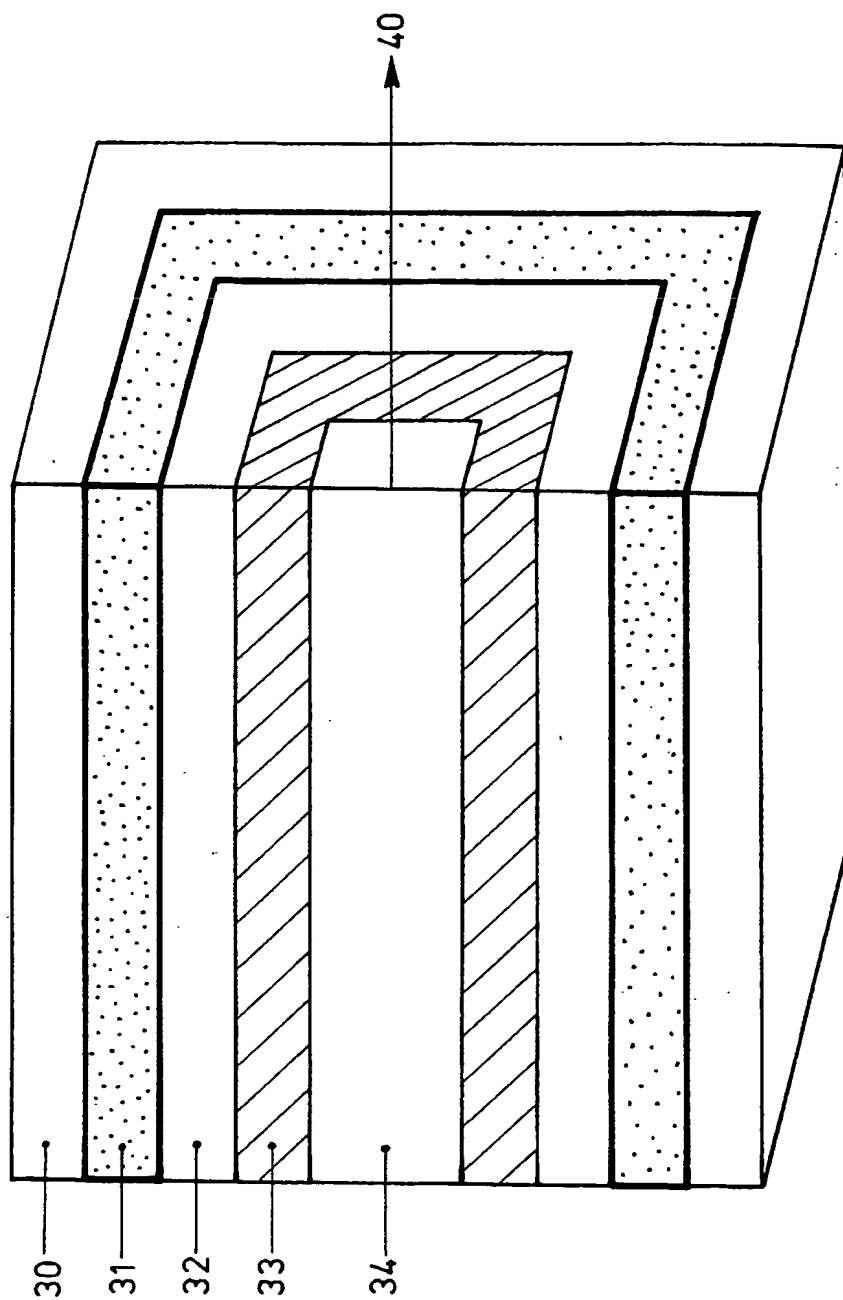


FIG. 2b

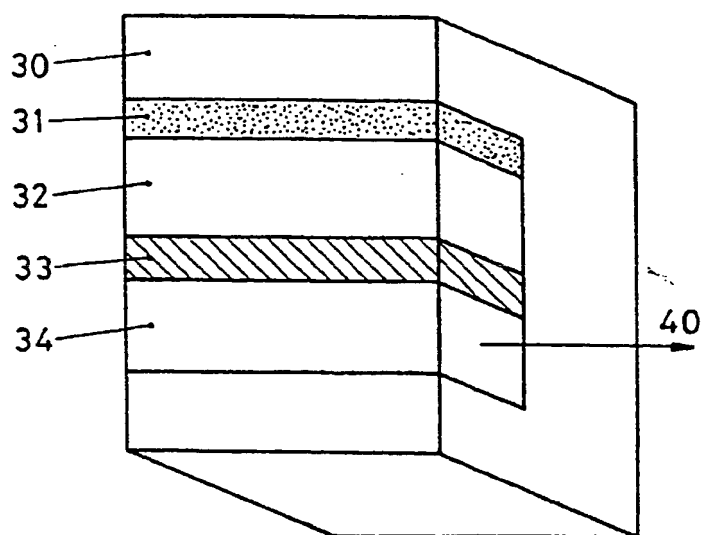


FIG. 2 A

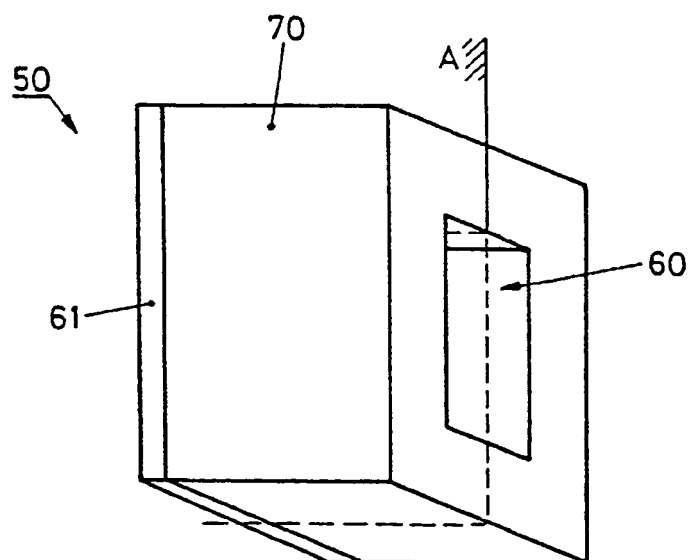


FIG. 3

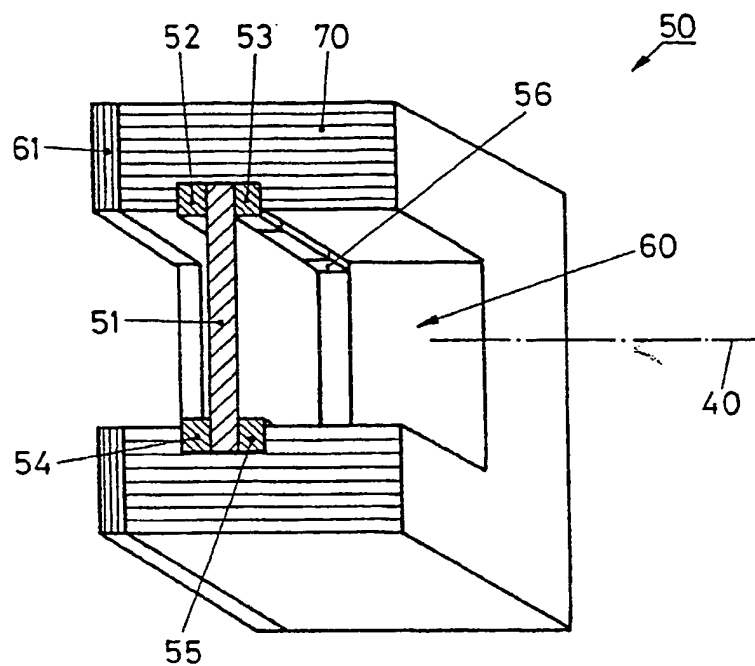


FIG. 4

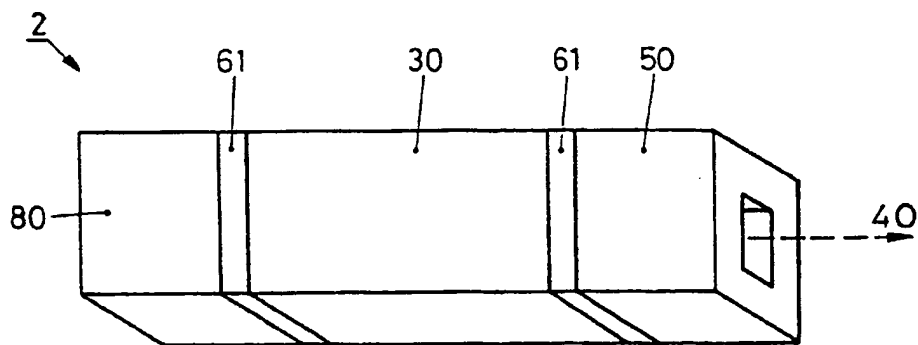


FIG. 5

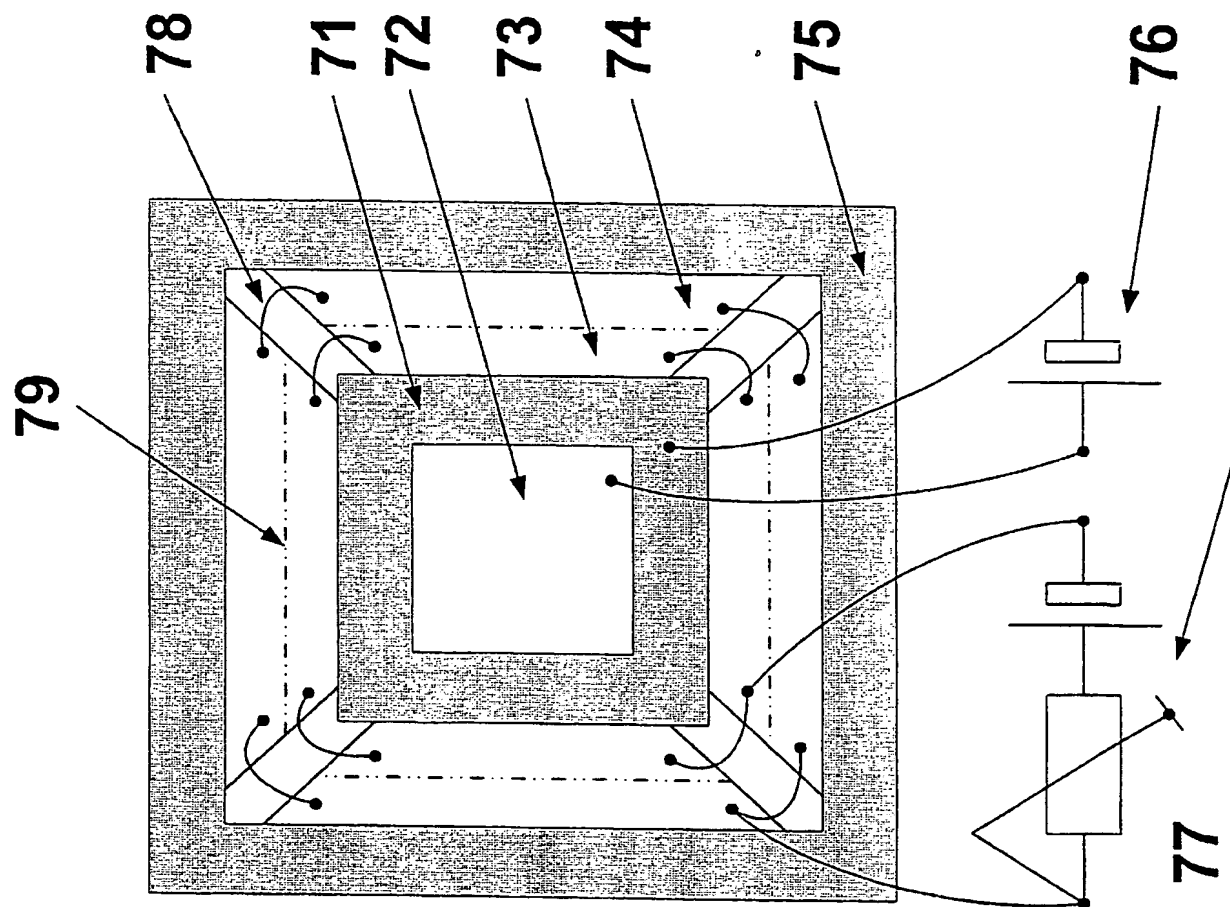


Fig. 6a

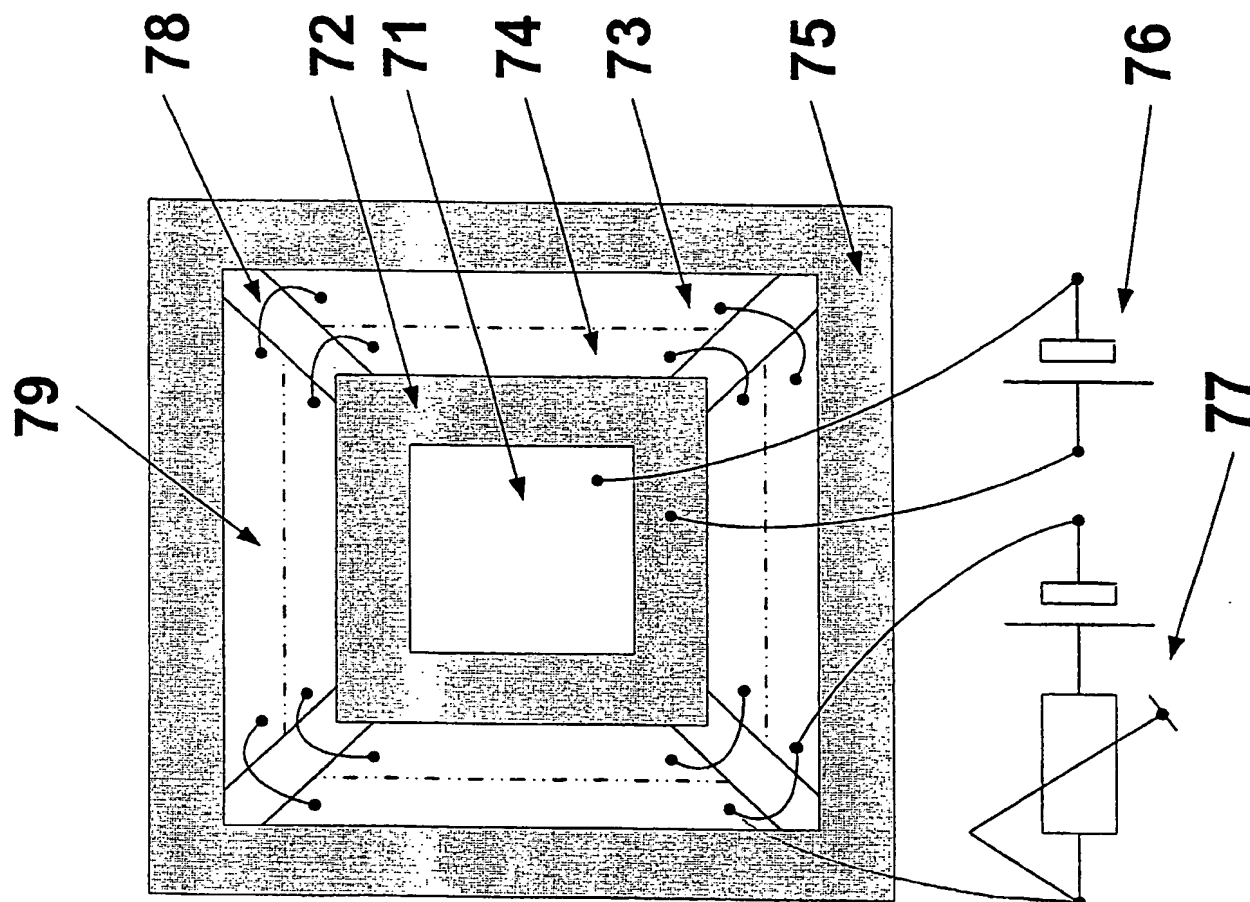


Fig. 6b

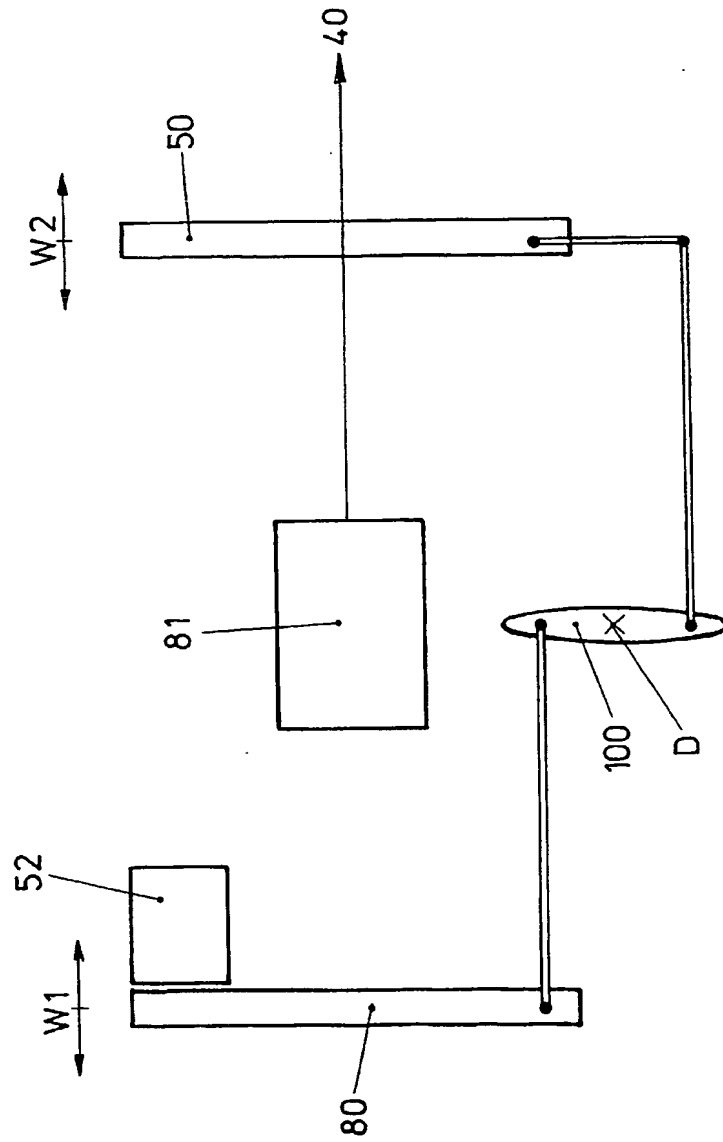


FIG. 7

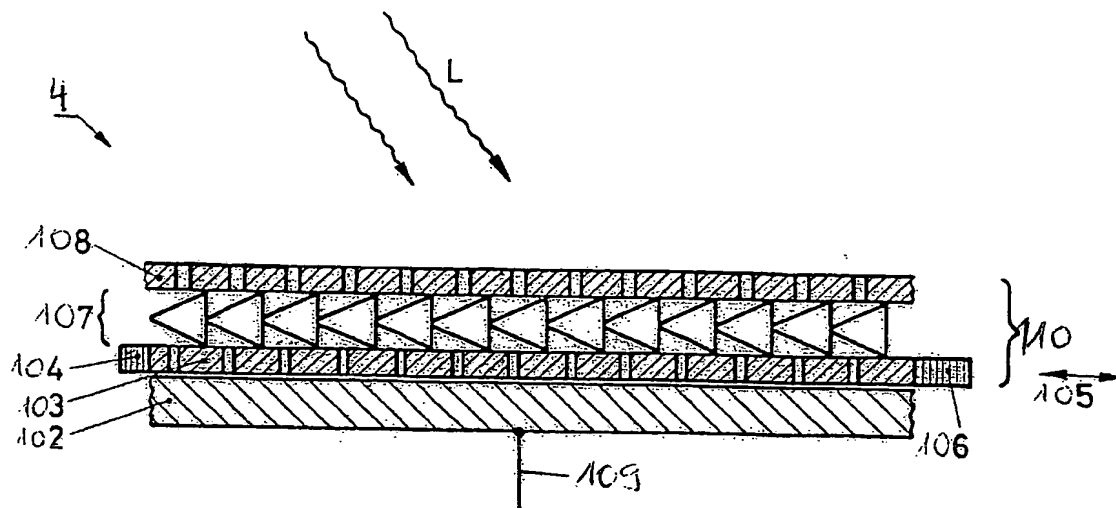


FIG. 8

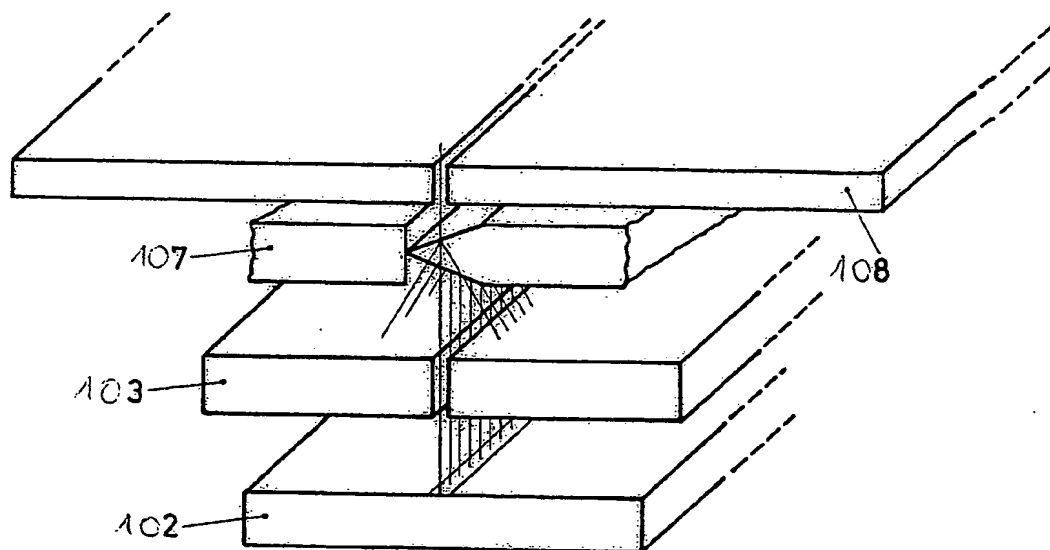


FIG. 9

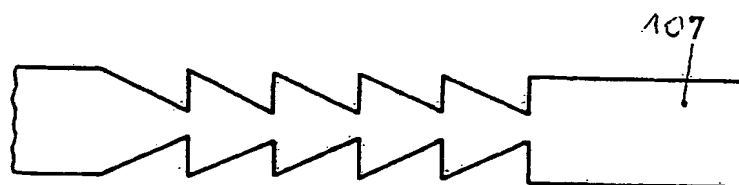
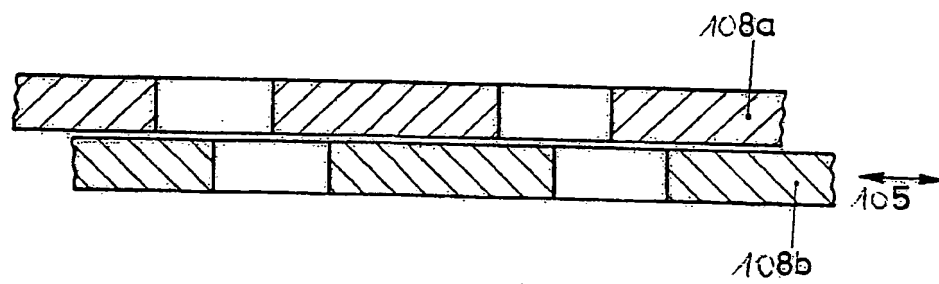


FIG. 10



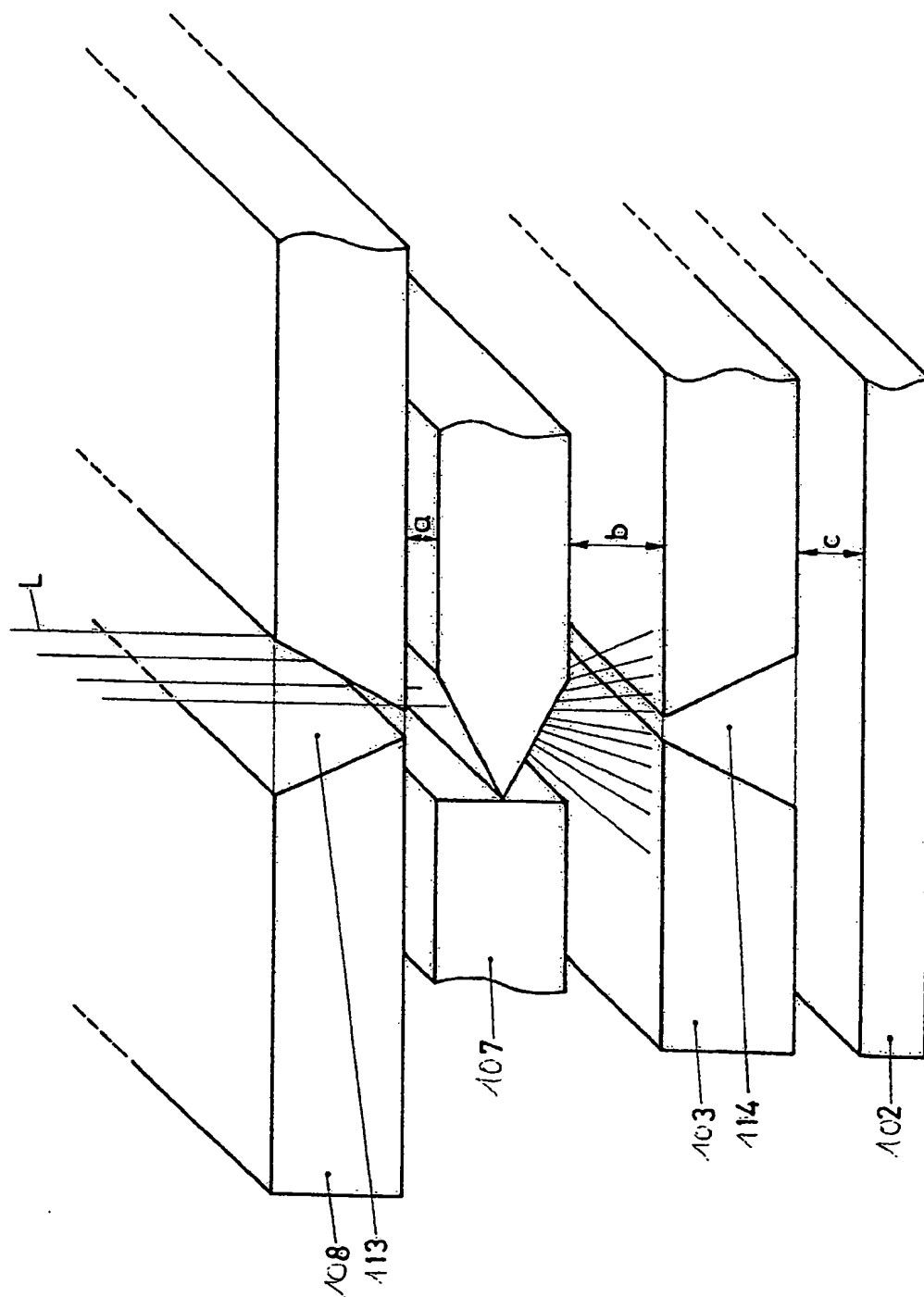


FIG. 12

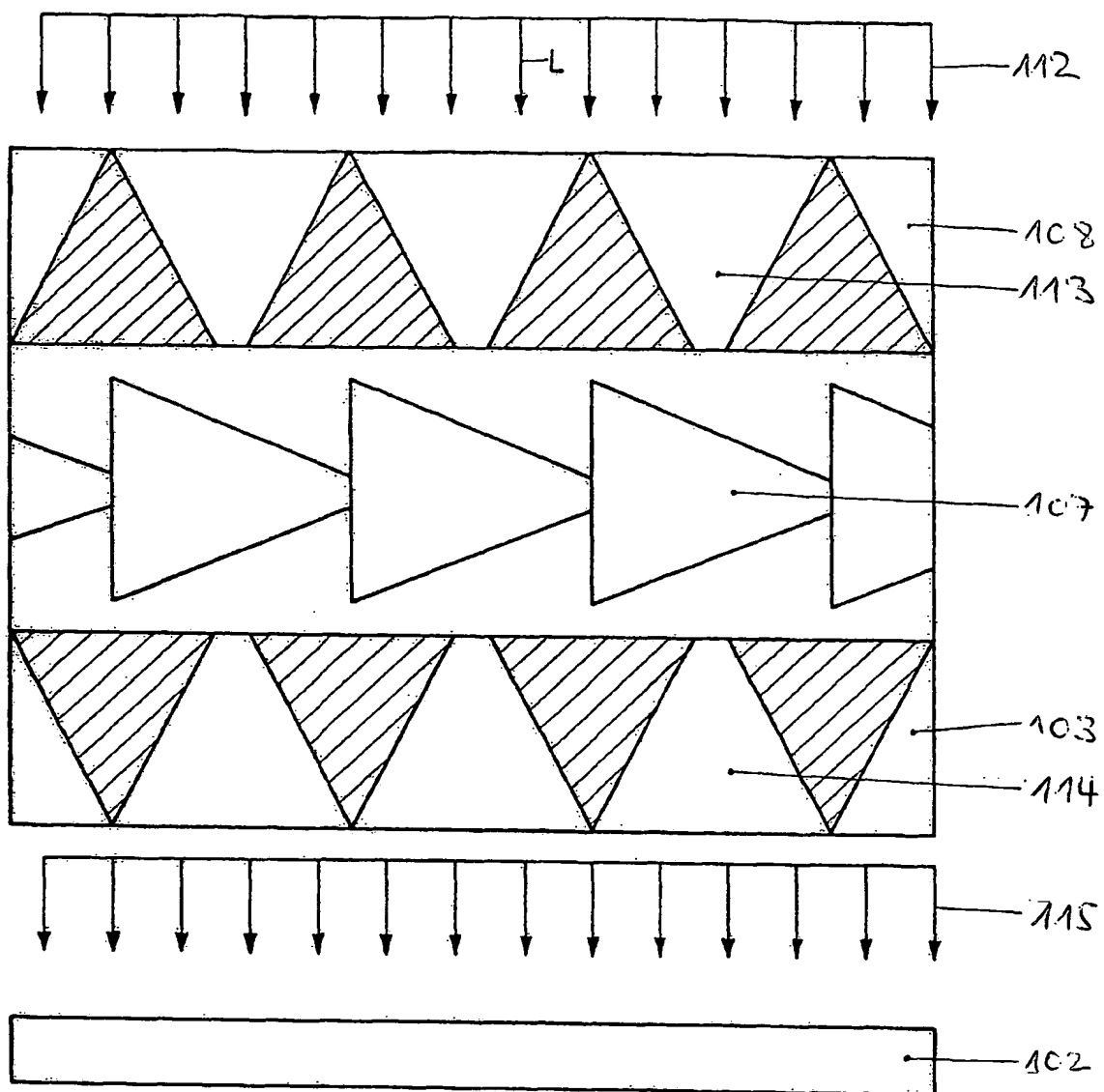


FIG. 13

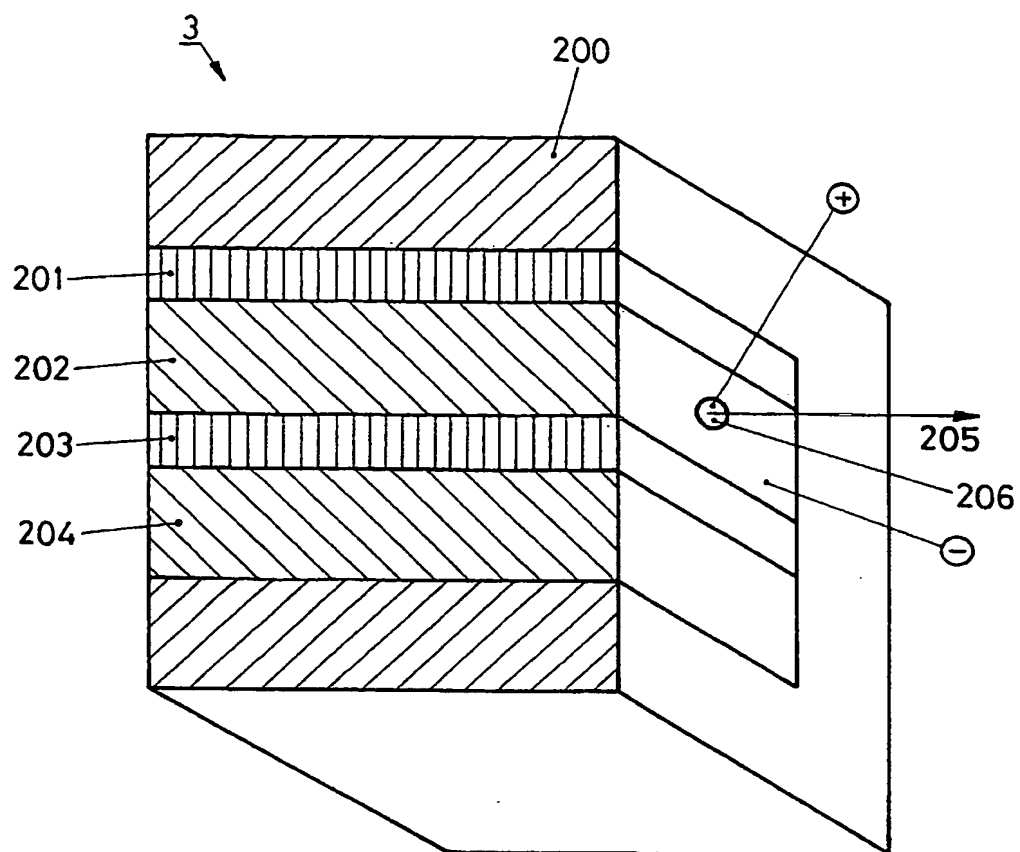


FIG. 14

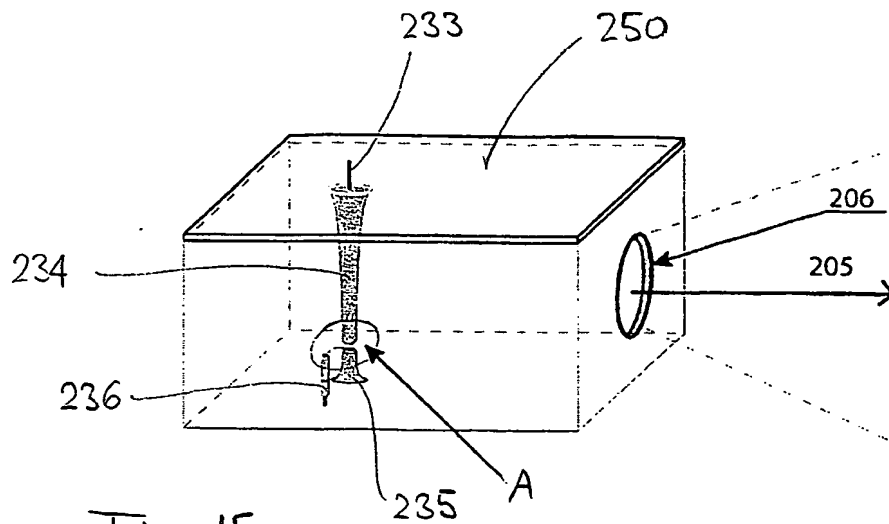


Fig. 15

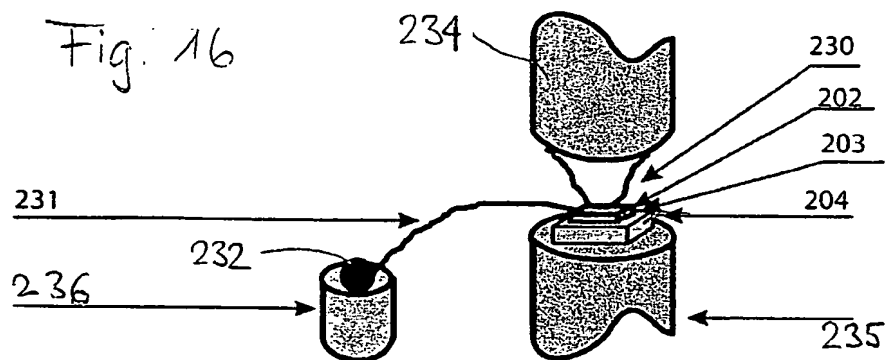


Fig. 16

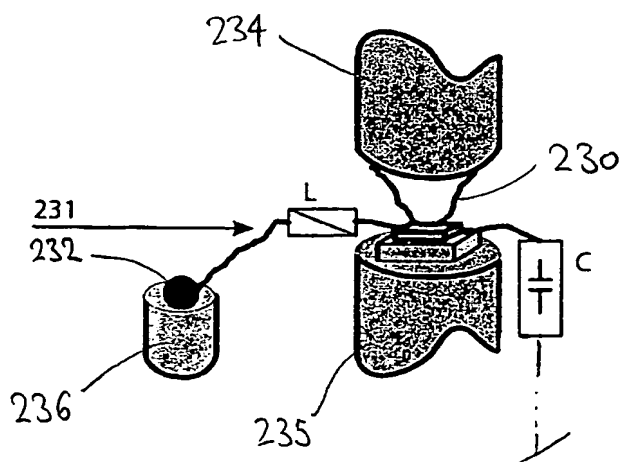


Fig. 17

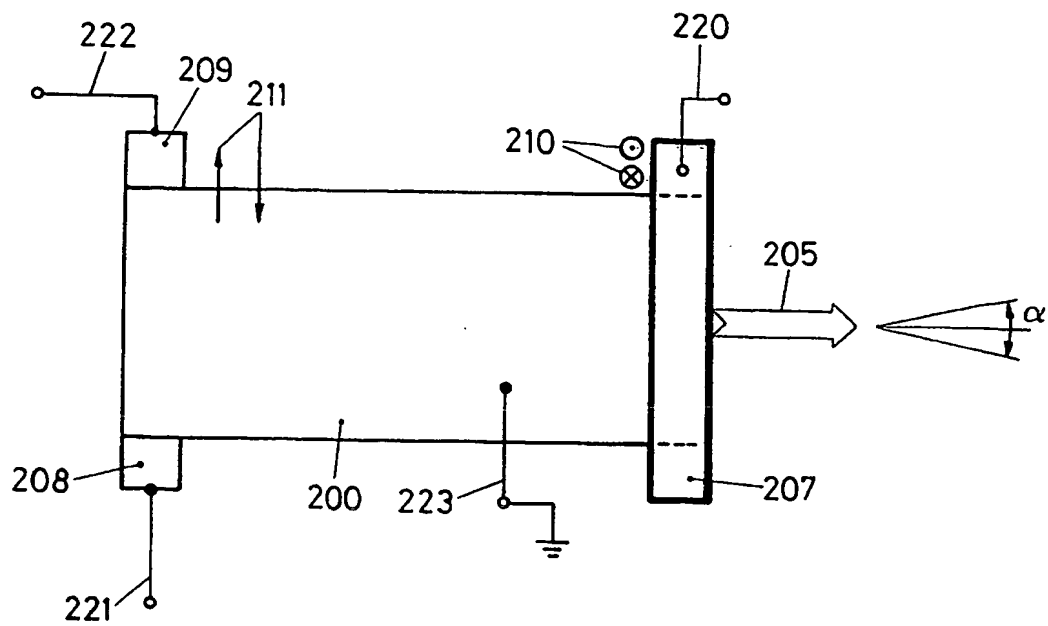


FIG. 18

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.